

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

FACULTAD DE INGENIERIAS

CARRERA INGENIERIA ELECTRICA

Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico

Tema:

“Diseño y construcción un sistema controlado de refrigeración estático para la conservación de la cadena de frío en transporte de reactivos para laboratorios clínicos”

AUTOR: Roberto Paredes Cruz

DIRECTOR: Ing Ramiro Robayo

Quito, Abril del 2010

AGRADECIMIENTO

..... a mis padres

CONTENIDO

INDICE GENERAL.....	I
INDICE DE FIGURAS.....	II
INDICE DE ANEXOS.....	IV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	V
JUSTIFICACION.....	VI
ALCANCE.....	VI
OBJETIVO GENERAL.....	VII
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	VII
HIPOTESIS.....	VII
MARCO METODOLOGICO.....	VII

INDICE GENERAL

Capítulo 1. Fundamentos teóricos.....	2
1.1 Normas de transporte de material de laboratorio clínico (reactivos).....	2
1.1.1 Reactivos químicos.....	10
1.2 Conceptos de control y medición de magnitudes físicas.....	14
1.3 Descripción de las células termoeléctricas.....	35
1.4 Estudio termodinámico.....	43
1.4.1 Definición de calor y leyes de termodinámica.....	43
1.4.2 Transferencia de calor y equilibrio térmico.....	50
 Capítulo 2. Diseño electrónico.....	 59
2.1 Dimensionamiento la fuente de poder.....	59
2.2 Diseño y construcción de circuito acondicionador.....	62

2.3 Programación del micro controlador.....	63
2.4 Diseño de circuito de potencia.....	84
Capítulo 3. Construcción del modulo (termo).....	89
3.1 Acople de célula termoeléctrica a termo contenedor.....	89
3.1.1 Acople de radiadores de frio y calor.....	93
3.2 Montaje de sensor de temperatura y display indicador de temperatura.....	100
3.3 Montaje de circuito electrónico y fuente de poder.....	102
Capítulo 4. Puesta en marcha y análisis.....	106
4.1 Uso del sistema de refrigeración.....	106
4.2 Protocolo de pruebas.....	108
4.3 Resultados.....	111
Conclusiones.....	111
Recomendaciones.....	114
Bibliografía.....	115

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1	6
FIGUR A 1.2	17
FIGURA 1.3.....	19
FIGURA 1.4.....	20
FIGURA 1.5.....	21
FIGURA 1.6.....	22
FIGURA 1.7	23
FIGURA 1.8.....	25
FIGURA 1.9	26

FIGURA 1.10.....	27
FIGURA 1.11a	28
FIGURA 1.11b	28
FIGURA 1.12.....	29
FIGURA 1.13	30
FIGURA 1.14.....	36
FIGURA 1.15.....	38
FIGURA 1.16.....	38
FIGURA 1.17.....	40
FIGURA 1.18.....	40
FIGURA 1.19.....	40
FIGURA 2.1.....	61
FIGURA 2.2.....	62
FIGURA 2.3.....	69
FIGURA 2.4.....	73
FIGURA 2.5.....	74
FIGURA 2.6.....	74
FIGURA 2.7.....	78
FIGURA 2.8.....	84
FIGURA 2.9.....	87
FIGURA 2.10.....	88
FIGURA 3.1.....	89
FIGURA 3.2.....	90
FIGURA 3.3.....	91
FIGURA 3.4a.....	92
FIGURA 3.4b.....	92
FIGURA 3.5.....	98
FIGURA 3.6.....	98
FIGURA 3.7.....	98

FIGURA 3.8.....	99
FIGURA 3.9a.....	99
FIGURA 3.9b.....	99
FIGURA 3.10.....	100
FIGURA 3.11a.....	101
FIGURA 3.11a.....	101
FIGURA 3.11b.....	102
FIGURA 3.12.....	103
FIGURA 3.12.1.....	104
FIGURA 3.12.2.....	104
FIGURA 3.12.3.....	105
FIGURA 4.1.....	106
FIGURA 4.2.....	107
FIGURA 4.2.1.....	107

ANEXOS

ANEXO A	ESQUEMAS DE LA TARJETA DE CONTROL
ANEXO B	ESQUEMAS DE LAS TARJETA DE ENTRADAS / SALIDAS
ANEXO C	ESQUEMAS DEL EQUIPO
ANEXO D	MANUAL DE USUARIO
ANEXO E	COSTO DEL PROYECTO
ANEXO F	HOJAS TECNICAS

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los reactivos son productos bioquímicos sensibles a las variaciones de luz, humedad, temperatura y tiempo. Estas alteraciones pueden ocasionar pérdida de la estabilidad, inactivando el producto.

Para preservar y garantizar la efectividad del reactivo es necesario disponer de los recursos materiales específicos y realizar una serie de actividades programadas destinadas a conservar el producto en condiciones óptimas desde su fabricación hasta su utilización en el laboratorio clínico.

Las fases de transporte, distribución, recepción, almacenamiento, manipulación constituyen verdaderos eslabones que no pueden romperse ni siquiera temporalmente, ya que la concentración del reactivo quedaría comprometida. Todos estos eslabones constituyen la denominada CADENA DE FRIO.

Dentro de la política de control de calidad que se intenta implantar de forma general en el país, para el área de análisis clínico, se viene trabajando entre otras cosas en la conservación de la cadena de frio, tanto de muestras como de reactivos de uso clínico. Justamente unas de las fuentes de error analítico es la variación de temperatura en el transporte de reactivo clínico; la no observación de los parámetros de mantenimiento de temperatura, bien puede presentar un valor equivocado en el proceso final de lectura, con consecuencias en muchos casos fatales en el reporte final del paciente,

Como se indicó, la cadena de frio empieza con el almacenamiento de reactivos en refrigeradores, que garantizan la temperatura óptima de manutención de las propiedades del reactivo; para el transporte desde el distribuidor del producto hasta el laboratorio de análisis clínico, el reactivo es trasladado den termos improvisados, como por ejemplo un termo común con recipientes de reactivo, y gel congelado para mantener la temperatura baja, pues equipo para transporte refrigerado (que mantenga

y controle la temperatura) a parte del mencionado anteriormente no existe en nuestro medio.

JUSTIFICACION

Con el sistema de refrigeración estático controlado podemos establecer manualmente la temperatura que deseemos en el interior del sistema, además con el indicador externo podemos verificar la temperatura de las sustancias que están en el interior del sistema, asegurando y resguardando la calidad del producto en el interior y así se conserven las propiedades de reacción para obtener un valor real en los exámenes a realizar.

La tecnología estática, es decir la células termoelectricas usadas para la climatización o control de temperatura en el interior del equipo, se tiene un equipo libre de partes móviles beneficiando así la parte de mantenimiento; puesto que el uso del mismo será en largos periodos de tiempo y libre de utilización de gases, ayudando a la conservación de del medio ambiente, puesto que estos gases contribuyen al deterioro de la capa de ozono.

ALCANCE

En el actual trabajo, se realizara el diseño y construcción de un sistema de refrigeración para el transporte de reactivos para laboratorios clínicos

Este proyecto incluye:

- Estudio matemático de transferencia de calor, para selección de termo transportador (en volumen), de acuerdo a la potencia de la célula termoelectrica, y el tiempos de enfriamiento limites de los elementos a transportar de acuerdo al fabricante.
- Diseño y construcción del circuito electrónico del control de temperatura en lazo cerrado, con seteo externo de temperatura interna de 2 a 8 °C, y con indicador de la misma
- Construcción del termo contenedor de 5 litros de capacidad neta interna
- Realización del manual de usuario para su correcto manejo

- Programación del micro controlador, para el control de la temperatura en lazo cerrado
- El equipo completo consumirá una potencia de 60 W, con una alimentación de 110Vca ó 12 Vcc

OBJETIVOS

General

- Diseñar y construir un sistema de refrigeración termoeléctrica para la conservación de la cadena de frío en el transporte de reactivos para laboratorios clínicos.

Específicos

- Obtener un equipo confiable que mantenga la temperatura constante y precisa
- Diseñar un termo con un sistema de control que suministre de manera eficiente el consumo de energía y mantenga la temperatura entre 2 y 8 °C
- Añadir un control externo para establecer la temperatura interna y presentar el valor de la misma en un display

HIPOTESIS

El sistema de refrigeración estática para la conservación de la cadena de frío propondrá una solución en el transporte de reactivos para laboratorios clínicos debido al alto costo y sensibilidad de reactivos.

MARCO METODOLOGICO

Para el desarrollo de esta tesis se utilizará la metodología deductiva, se utilizarán técnicas bibliográficas aplicando varias fuentes de investigación e textos y páginas web.

RESUMEN

Los reactivos son productos bioquímicos sensibles a las variaciones de luz, humedad, temperatura y tiempo. Estas alteraciones pueden ocasionar pérdida de la estabilidad, inactivando el producto.

Para preservar y garantizar la efectividad del reactivo es necesario disponer de los recursos materiales específicos y realizar una serie de actividades programadas destinadas a conservar el producto en condiciones óptimas desde su fabricación hasta su utilización en el laboratorio clínico.

Las fases de transporte, distribución, recepción, almacenamiento, manipulación constituyen verdaderos eslabones que no pueden romperse ni siquiera temporalmente, ya que la concentración del reactivo quedaría comprometida. Todos estos eslabones constituyen la denominada CADENA DE FRIO.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 Normas de almacenamiento y transporte de reactivos bioquímicos

Las normas para el transporte de reactivos son reglas o recomendaciones que se dan para consideración de certificación de control de calidad de los laboratorios especialmente la norma técnica NEC ISO 170255, la cual recomienda que el laboratorio debe garantizar la calidad de las pruebas en la parte pre analítica para lograr eso se sugieren las siguientes guías.

En las guías de almacenamiento y transporte de reactivos bioquímicos, una de los principales aspectos es el que se describe como cadena de frío.

La cadena de frío

Se describe lo siguiente:

- Cadena fija: Elementos de almacenamiento de los reactivos hasta su utilización.

Incluye las cámaras frigoríficas de gran capacidad en los centros de provisión, los frigoríficos de los puntos de utilización (laboratorios de centros de salud, consultorios locales, clínicas y consultas privadas) y los sistemas termométricos.

- Cadena móvil: Elementos de almacenamiento provisional para el transporte de los reactivos. Incluye los vehículos refrigerados, las neveras portátiles, las cajas y contenedores isotérmicos, los acumuladores de frío y los indicadores-monitores de temperatura.

Dado el carácter termolábil de los reactivos, es preciso que en la cadena de frío mantenga un intervalo de temperatura de conservación entre +2 °C y +8 °C (regulación de refrigeradores a +4 °C).

Para que la logística del frío sea operativa resulta imprescindible que los profesionales implicados en su mantenimiento tengan una formación adecuada y actualicen periódicamente sus conocimientos en todos los aspectos relativos a la cadena de frío., de modo que se optimicen los recursos para incrementar la calidad de las actividades.

- Personal responsable

En cada punto es necesario designar un responsable del almacenamiento, transporte y distribución del material, correctamente formado en todos los aspectos relativos a la logística y la termoestabilidad de los reactivos. Estará encargado de organizar y realizar las actividades de recepción y almacenaje del producto, previsión del consumo y reserva de stock, control y registro diario de la temperatura de conservación, envíos, notificación de incidencias de la cadena de frío y formación del personal.

Es recomendable que en cada centro haya al menos una persona adiestrada en el almacenamiento y conservación del producto, que pueda sustituir al responsable en caso necesario. También es preciso que todo el personal que intervenga en el trabajo con reactivos sepan por qué se han de conservar los reactivos.

- Funciones generales

- Verificar al comienzo y al final de la jornada laboral que las temperaturas máxima y mínima en el interior del frigorífico se encuentran entre +2 °C y +8 °C.
- Registrar dichas temperaturas diariamente.
- Comprobar que los frigoríficos funcionan adecuadamente.
- Realizar el almacenamiento de los reactivos de manera correcta.
- Controlar las existencias de reactivos para asegurar su disponibilidad, evitando un almacenamiento excesivo.
- Revisar las fechas de caducidad de cada lote del material almacenado.
- Asegurar la correcta recepción, así como los envíos
- Notificar a los responsables de Sanidad las incidencias o interrupciones de la cadena de frío que se generen tanto en la recepción como durante su almacenamiento en el centro.
- Formación y adiestramiento del personal relacionado con el almacenamiento del material

- Tareas

En la recepción de pedidos

- Proceder a la lectura de los monitores de temperatura de los contenedores del reactivo, verificando que se han mantenido en condiciones adecuadas durante el transporte.
- Comprobar que el material este correctamente etiquetadas, con la fecha de caducidad y el número de lote.
- Almacenar el material en el frigorífico, colocando las de caducidad más larga en la parte posterior.
- Cumplimentar el documento de recepción de los reactivos. Firmar y archivar una copia del documento de recepción, que servirá como registro de entrada del reactivo al centro.

Elementos que forman la cadena de frio

Cámaras Frigoríficas

Se utilizan para almacenar grandes volúmenes de reactivos. Las características que una cámara frigorífica debe reunir son:

- Estar instalada en un lugar amplio y de fácil acceso, en el que se puedan llevar a cabo las actividades de embalaje, carga y expedición de los reactivos.
- Permanecer conectada directamente a la red eléctrica y nunca a derivaciones, para evitar desconexiones accidentales. Debe disponer de conexión a un grupo electrógeno que garantice el suministro eléctrico.
- Dotación de un termostato que será graduado a la temperatura óptima de conservación de las vacunas (+2 a +8 °C), de un registro continuo de temperatura y de una alarma visual y sonora que se dispare cuando la temperatura de la cámara exceda los márgenes de conservación.

Frigoríficos y congeladores

Cuando no se requiera una gran capacidad de almacenamiento, el frigorífico es el elemento de elección.

- La capacidad del frigorífico de un laboratorio estará determinada por el promedio de reactivos a almacenar, considerando además otras situaciones que implican un mayor volumen de almacenamiento.

- Se ubicará en un lugar fresco, resguardado de cualquier fuente de calor y alejado de la luz solar directa. Se situará a unos 15 cm. de distancia de la pared, dejando que circule el aire por todas sus caras para permitir que el calor se disperse.
- Su uso se dedicará exclusivamente al almacenamiento de reactivos.
- La temperatura óptima de conservación para todos los reactivos se situará entre +2 y +8 °C, no debiendo exceder nunca de +10 °C. El frigorífico deberá estar dotado de un termostato que permita mantener estas temperaturas.
- La temperatura del congelador deberá estar por debajo de 0 °C (preferiblemente entre -15 °C y -25 °C).
- Instalar un termómetro de máximas y mínimas de mercurio en la parte central interna o un termómetro digital externo con sonda en el interior del frigorífico, de forma que pueda verificarse la temperatura.
- No deben utilizarse frigoríficos “no-frost” de sistema multi-flujo, ya que al pasar el aire desde el congelador hasta el compartimento de refrigeración, la temperatura de algunas zonas puede situarse por debajo de 0 °C.
- Las bandejas deben ser de rejilla o tener perforaciones en la base para evitar la acumulación de líquidos. De esta forma, los envases de las vacunas se mantienen limpios y secos, facilitándose la circulación de aire frío en el interior del frigorífico.
- Estará conectado a la red general y nunca a derivaciones, para evitar posibles desconexiones accidentales.
- Es conveniente que los frigoríficos dispongan de sistemas de alarma y de posibilidad de conexión a generadores eléctricos de emergencia que garanticen su funcionamiento en caso de avería o corte de fluido eléctrico.
- En el exterior del frigorífico es aconsejable señalar:
- Esquema de la ubicación de los reactivos, para facilitar su localización y evitar aperturas innecesarias.
- Mensajes de advertencia de no desconexión de la red eléctrica.
- Relación de teléfonos y fax del personal de mantenimiento y de los responsables del programa de inmunizaciones en Sanidad.

Neveras Portátiles

- Permiten transportar pequeñas cantidades de reactivos de un centro de salud a un consultorio local, etc.).
- Se debe reducir en lo posible el tiempo de transporte y abrirlas solamente cuando sea imprescindible.
- Para elegir el tipo de nevera hay que valorar su capacidad, autonomía (número de horas que puede mantener el material a una temperatura inferior a +10 °C), peso y robustez.

Congeladores isotérmicos

- Generalmente son de poliestireno o poliuretano y han de estar bien aislados y ser sólidos. Permiten conservar el producto en frío con una autonomía de refrigeración.
- Se utilizan para el transporte de reactivos desde las cámaras centrales a los centros médicos o en caso de avería del frigorífico. Pueden mantener perfectamente la temperatura hasta una semana, si los reactivos están bien acondicionados.

Controladores de temperatura

Los dispositivos controladores de temperatura sirven para verificar el funcionamiento de la cadena de frío y asegurar que los reactivos se mantienen en condiciones adecuadas de temperatura durante el transporte y almacenamiento.

Termógrafos

Son instrumentos que registran la temperatura de manera continua. Permiten conocer con exactitud las oscilaciones de temperatura que se han producido en el interior de una cámara frigorífica o un frigorífico. Los más modernos disponen de una tarjeta o chip de memoria que descarga los datos en un ordenador a través de software específico.

Termómetros de Máximas y Mínimas

Registran las temperaturas máximas y mínimas que se han alcanzado en el interior del frigorífico, así como la temperatura en el momento de la lectura. Pueden ser de mercurio o digitales.

Termómetros de mercurio

Disponen de dos columnas de vidrio graduadas comunicadas entre sí, conteniendo un volumen de mercurio. Una columna indica las temperaturas máximas alcanzadas y otra las mínimas a las que se han conservado los reactivos. La temperatura actual es la marcada por los extremos del volumen de mercurio en las columnas de vidrio.

Interpretación y lectura

- En la columna que indica las temperaturas mínimas, la parte superior a 0 °C hace referencia a las temperaturas bajo 0 °C, mientras que en la columna de máximos se lee al contrario (la parte superior indica las temperaturas sobre 0 °C y la inferior, las temperaturas bajo 0 °C).
- En los extremos del volumen de mercurio se encuentran unos fiadores (normalmente de color azul) que se desplazan con el mercurio cuando suben o bajan las temperaturas, registrando así la máxima y mínima alcanzada, que corresponden a la temperatura señalada por el borde inferior de cada fiador. Una vez finalizada la lectura, se volverá a ajustar el termómetro, colocando cada fiador en contacto con el volumen de mercurio mediante un imán.

Termómetros digitales

Registran las temperaturas máximas y mínimas alcanzadas, así como la temperatura actual, mediante unos sensores que se colocan en el interior del frigorífico.

Después de la lectura (que se realizará siguiendo las instrucciones de cada modelo) se debe reajustar el termómetro, de manera que se puedan monitorizar de nuevo las temperaturas.

Los termómetros de mercurio y los sensores de los termómetros digitales deben colocarse en la parte central del frigorífico, separados de las paredes. No deben estar en los estantes de la puerta, ya que se producen muchas oscilaciones de temperatura.

La lectura de estos termómetros se realizará al comienzo y al final de cada jornada, anotándose las temperaturas en una gráfica o un documento de registro. Se debe prestar especial atención después de fines de semana o festivos para detectar posibles cortes de energía o fallos en el funcionamiento del frigorífico ocurridos durante este periodo.

Indicadores de temperatura

Los indicadores o monitores de temperatura son dispositivos que permiten conocer si las temperaturas a las que se han expuesto los reactivos durante el transporte han sido superiores o inferiores a las óptimas. Su lectura debe realizarse siempre en el momento de recepción de los reactivos. Si la lectura indica un fallo en el mantenimiento de la cadena de frío, es necesario contactar con los responsables del envío para informar de esta circunstancia.

Existen varios tipos de indicadores de temperatura:

Indicadores de congelación

Son indicadores de un solo uso que revelan si los reactivos han estado sometidos a temperaturas inferiores a 0 °C. Son muy adecuados para controlar los productos que se inactivan con la congelación.

Termoestabilidad

La estabilidad de un reactivo es la resistencia al deterioro por las variaciones en la luz, la temperatura o el tiempo transcurrido desde su fabricación, que hace que mantenga su capacidad bioquímica, o su capacidad de reacción. La pérdida de ésta es permanente e irreversible.

Cuando se produce por exposición a temperaturas elevadas, el deterioro es acumulativo y se incrementa con el tiempo.

La pérdida de la capacidad reactiva por variaciones en la temperatura depende, además del umbral alcanzado, del tiempo de exposición y de si el preparado se encontraba liofilizado o reconstituido. Para que los reactivos conserven su

actividad es necesario mantenerlas a una temperatura comprendida entre +2 °C y +8 °C. La temperatura interna del frigorífico no debe exceder nunca de + 10 °C.

Para el correcto almacenamiento de producto en el frigorífico es necesario respetar las siguientes indicaciones:

- Guardar los reactivos en los estantes centrales, dejando espacio alrededor para permitir que circule el aire y evitar el contacto directo con las paredes. No colocar los reactivos en los estantes de la puerta, ya que en esta zona la temperatura es más variable. Los reactivos deben permanecer el mínimo tiempo posible fuera del frigorífico.
- No almacenar alimentos, bebidas o cualquier elemento ajeno a los reactivos en el interior del frigorífico.
- Colocar botellas con agua salada o suero fisiológico en los estantes inferiores y en la puerta. Sirven para estabilizar la temperatura del interior después de abrir la puerta o tras un corte de suministro eléctrico.
- El total de reactivos, disolventes y botellas con suero salino no debe ocupar más de la mitad del espacio disponible, para permitir que el aire frío circule correctamente en el interior.
- Abrir la puerta solamente cuando sea necesario y asegurar que queda bien cerrada.
- Verificar que el termómetro de máximas y mínimas está colocado en la parte central y separado de las paredes. La lectura se realizará dos veces al día, una al inicio y otra al final de la jornada, registrando posteriormente las temperaturas.
- Almacenar acumuladores de frío en el congelador, para utilizarlos en el transporte de los reactivos y mantener la temperatura en caso de avería o corte del fluido eléctrico. Se colocarán en vertical, evitando que queden apilados.
- Limpiar con regularidad la escarcha, evitando que el grosor supere 0,5 centímetros, ya que disminuye la capacidad de refrigeración del frigorífico.
- En caso de avería o corte de energía, no abrir la puerta del frigorífico

Interrupción de la cadena de frío

Las interrupciones de la cadena de frío en la fase de almacenamiento se producen por cortes en el suministro eléctrico o por fallos en el funcionamiento y averías del frigorífico o cámara de refrigeración.

Ante la constatación de una interrupción de la cadena de frío durante el almacenamiento se procederá del modo siguiente:

- Si la avería o el corte de fluido eléctrico ha sido inferior a 10 horas, la puerta del frigorífico ha permanecido cerrada y se han conservado en el interior contenedores de suero salino, los frigoríficos están capacitados para mantener la temperatura interna, de manera que los reactivos pueden ser utilizados.
- Cuando la avería o el corte de fluido eléctrico se ha mantenido más de 10 horas, debe procederse a la lectura del termómetro..
- Si está anunciado o se prevé un corte de fluido eléctrico de larga duración, o el frigorífico va a dejar de funcionar durante un periodo de tiempo prolongado, trasladar los reactivos y los acumuladores de frío a un frigorífico con conexión a un grupo electrógeno, o a una nevera portátil. Es recomendable reponer los acumuladores de frío al término de su tiempo de autonomía (aproximadamente 8 horas).

Si se constata fehacientemente que la estabilidad de los reactivos se ha alterado y es necesario desechar el producto, es necesario realizar una notificación de incidencia de rotura de la cadena de frío a los responsables de Sanidad. Desde Sanidad se darán instrucciones acerca de la conducta a seguir, el modo de desechar los reactivos en caso de ser necesario y la reposición de producto

Es conveniente rotular claramente los envases que podrían haber sido afectados y mantenerlos a la temperatura de conservación hasta que se compruebe.

Las normas que rigen a los laboratorios clínicos son:

ISO 17025 (Acreditación de Laboratorios de Calibración y Ensayo)

1.1.1. Reactivos Bioquímicos

Son elementos de características especiales los cuales son formados con catalizadores como acetonas, alcoholes, etc., al combinarse con suero humano a ser evaluado recolectado a través de la sangre (mediante centrifugación), o de la orina, reaccionan de tal forma a que producen un color específico para cada prueba el cual puede ser medido mediante las técnicas fotométricas de absorción, asignando cada prueba a una específica longitud de onda del espectro de luz

Los reactivos se nombran de acuerdo a la prueba de laboratorio que está hecho para reaccionar, entre los cuales tenemos:

Acido Úrico

Urea

Creatinina

Bili rubina

Tgo (transaminasa glutámico-oxalacética)

Tgp (Transaminasa glutámico-pirúvica)

Glucosa

Colesterol

Son las comunes al momento de realizar un cuadro clínico de algún paciente.

Cada una de estas pruebas responde a una a una función vital del cuerpo humano, podemos citar algunas de ellas, los valores referenciales y sus implicaciones fisiológicas con el aumento o disminución del valor medido

- Acido Úrico

En la sangre humana, la concentración de ácido úrico comprendida entre 2,5 a 6 para la mujer y hasta 7,2 para el hombre mg/dl es considerada normal por la Asociación Médica Americana, aunque se pueden encontrar niveles más bajos en los vegetarianos.

La gota en el ser humano está asociada con niveles anormales de ácido úrico en el sistema. La saturación de ácido úrico en la sangre humana puede dar lugar a un tipo de cálculos renales (litiasis) cuando el ácido cristaliza en el riñón. Un porcentaje considerable de enfermos de gota llegan a tener cálculos renales de tipo úrico.

La gota es un tipo de artritis que causa ataques repentinos, dolores severos, inflamación, enrojecimiento, calor e hipersensibilidad en las articulaciones. Afecta las articulaciones del dedo gordo pero puede generalmente ocurrir en los pies, tobillos, rodillas, manos y muñecas. La gota ocurre cuando una sustancia llamada ácido úrico se acumula

en el cuerpo y se forman como agujas cristales en las articulaciones. Los primeros síntomas de la gota ocurren por lo general a la media noche o antes de levantarse por la mañana. Usando zapatos, el movimiento de las articulaciones o estando de pie pueden ser situaciones difíciles y muy dolorosas. Se considera cerca del 5 por ciento de todos los casos de la artritis son de la gota.

El aumento de ácido úrico en sangre no sólo puede estar relacionado con la gota, sino que puede ser simplemente una hiperuricemia, que presenta algunos de los síntomas anteriores o puede ser asintomática. Sin embargo cuanto mayor es el aumento de ácido úrico en sangre mayores son las posibilidades de padecer afecciones renales, artríticas, etc.

- Creatinina

El típico rango de referencia para las mujeres es estimado de 0.5 a 1.0 mg/dL (cerca de 45 a 90 $\mu\text{mol/l}$), para los hombres es de 0.7 a 1.2 mg/dL (60 a 110 $\mu\text{mol/l}$). Mientras que una línea base de 2.0 mg/dL (150 $\mu\text{mol/l}$) de creatinina en el suero puede indicar una función normal del riñón en un fisioculturista masculino, una creatinina del suero de 0.7 mg/dL (60 $\mu\text{mol/l}$) puede indicar una enfermedad renal significativa en una frágil mujer anciana. Más importante que un nivel absoluto de creatinina es la tendencia de los niveles de la creatinina en un cierto plazo. Un nivel creciente de creatinina indica daño del riñón, mientras que un nivel de creatinina que declina indica una mejora de la función del riñón

- TGO

La aspartato aminotransferasa (ASP) antes conocida como *transaminasa glutámico-oxalacética* (GOT), es una enzima aminotransferasa que se encuentra en varios tejidos del organismo de los mamíferos, especialmente el corazón, el hígado y el tejido muscular.

Se encuentran cantidades elevadas de esta enzima en el suero en casos de infarto agudo de miocardio, hepatopatía aguda, miopatías, por el empleo de determinados fármacos y en cualquier enfermedad o trastorno en el cual resulten seriamente dañadas las células.

- TGP

La Alanina aminotransferasa (ALT), anteriormente conocida como *Transaminasa glutámico-pirúvica* (GPT), es una enzima aminotransferasa con gran concentración en el hígado y en menor medida en los riñones, corazón y músculos.

Cuando hay una lesión de estos órganos la ALT es liberada a la sangre y aparece elevada en los análisis.

Como es una aminotransferasa más específicamente hepática que la Aspartato aminotransferasa (AST), aparece más elevada en las enfermedades hepáticas que en otras, por eso el cociente ALT/AST (o GPT/GOT) será mayor de 1 en ciertas enfermedades hepáticas como la hepatitis vírica. Al contrario aparece menor de 1 en la cirrosis hepática, enfermedad hepática alcohólica, congestión hepática o tumores hepáticos.

Los valores normales de ALT es 7 a 33 U/L en mujeres y entre 8 y 50 U/L en hombres, aunque también depende del criterio del laboratorio..

De las pruebas mencionadas anteriormente cada una de ellas tiene su propio procedimiento al cual se la llama *técnica*, esta incluye parámetros como:

Tiempo de incubación, este es el tiempo en el cual el reactivo ya mezclado con la muestra de suero permanecen hasta que la reacción esperada suceda, este tipo de incubación generalmente se la realiza a 37° C,

Proporciones de volúmenes de muestra y reactivo, generalmente las proporciones son de 20 a 50 por 1(unos), en la mayoría de casos se utiliza 10uL de suero con 500uL de reactivo para la mezcla.

Tipos de lectura, estos varían de acuerdo al tipo de prueba,

- Punto final, es la prueba que se la hace leyendo una sola vez la mezcla.
Ejemplo: Glucosa
- Prueba cinética, es la que se realiza varias lecturas a tiempos definidos de la mezcla, para obtener una curva de reacción del suero. Ejemplo: TGO
- Fixed time, es la que se toma dos lecturas de la mezcla a tiempos definidos para obtener el valor del cambio de concentración en la mezcla. Ejemplo: Creatinina

1.2 Conceptos de control y medición de magnitudes físicas

Sistemas de control

Definición de sistema:

- a) Un “sistema” es un ordenamiento, conjunto o colección de cosas conectadas o relacionadas de manera que constituyan un todo.
- b) Un “sistema” es un ordenamiento de componentes físicos conectados o relacionados de manera que formen una unidad completa que puedan actuar como tal.

La palabra “control” generalmente se usa para designar “regulación”, dirección o “comando”. Al combinar las definiciones anteriores se tiene:

Un sistema de control es un ordenamiento de componentes físicos conectados de tal manera que el mismo pueda comandar, dirigir o regularse a sí mismo o a otro

sistema.

En el sentido más abstracto es posible considerar cada objeto físico como un sistema de control. Cada cosa altera su medio ambiente de alguna manera, activa o positivamente.

La entrada es el estímulo o la excitación que se aplica a un sistema de control desde una fuente de energía externa, generalmente con el fin de producir de parte del sistema de control, una respuesta especificada.

La salida es la respuesta obtenida del sistema de control. Puede no ser igual a la respuesta especificada que la entrada implica. El objetivo del sistema de control generalmente identifica y define la entrada y la salida. Dadas éstas es posible determinar o definir la naturaleza de los componentes del sistema. Los sistemas de control pueden tener mas de una entrada o salida.

Controlando el proceso

Al llevar a cabo la función de control, el controlador automático usa la diferencia entre el valor de set point y las señales de medición para obtener la señal de salida hacia la válvula o actuador. La precisión y capacidad de respuesta de estas señales es la limitación básica en la habilidad del controlador para controlar correctamente la medición. Si el transmisor no envía una señal precisa, o si existe un retraso en la medición de la señal, la habilidad del controlador para manipular el proceso será degradada. Al mismo tiempo, el controlador debe recibir una señal de valor de consigna precisa (set-point).

En controladores que usan señales de valor de consigna neumática o electrónica generadas dentro del controlador, una falla de calibración del transmisor de valor de consigna resultará necesariamente en que la unidad de control automático llevará a la medición a un valor erróneo. La habilidad del controlador para posicionar correctamente la válvula (actuador) es también otra limitación. Por ejemplo en un sistema de caudal, si existe fricción en la válvula, el controlador puede no estar en condiciones de mover la misma a una posición de vástago específica para producir un caudal determinado y esto aparecerá como una diferencia entre la medición y el valor de consigna.

Intentos repetidos para posicionar la válvula exactamente pueden llevar a una oscilación en la válvula y en la medición, o, si el controlador puede sólo mover la válvula muy lentamente, la habilidad del controlador para controlar el proceso será degradada. Una manera de mejorar la respuesta de las válvulas de control es el uso de posicionadores de válvulas, que actúan como un controlador de realimentación para posicionar la válvula en la posición exacta correspondiente a la señal de salida del controlador. Los posicionadores, sin embargo, deberían ser evitados a favor de los elevadores de volumen en lazos de respuesta rápida como es el caso de caudal de líquidos a presión.

Para controlar el proceso, el cambio de salida del controlador debe estar en una dirección que se oponga a cualquier cambio en el valor de medición

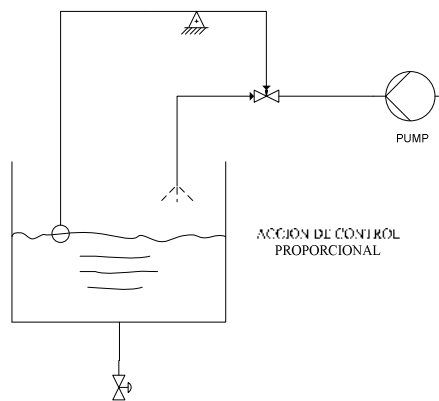


FIGURA 1.1

La figura 1.1 muestra una válvula directa conectada a un control de nivel en un tanque a media escala. A medida que el nivel del tanque se eleva, el flotador es accionado para reducir el caudal entrante, así, cuanto más alto sea el nivel del líquido mayor será el cierre del ingreso de caudal. De la misma manera, medida que el nivel cae, el flotante abrirá la válvula para agregar más líquido al tanque. La respuesta de éste sistema es mostrada gráficamente. Figura 1.2

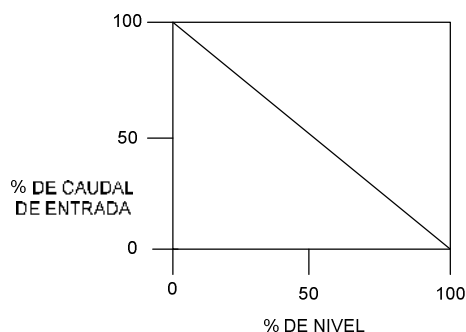


FIGURA 1.2

A medida que el nivel va desde el 0% al 100%, la válvula se desplaza desde la apertura total hasta totalmente cerrada. La función del controlador automático es producir este tipo de respuesta opuesta sobre rangos variables, como agregado, otras respuestas están disponibles para una mayor eficiencia del control del proceso.

Selección de la acción del controlador

Dependiendo de la acción de la válvula, un incremento en la medida puede requerir incrementos o disminuciones del valor de salida para el control. Todos los controladores pueden ser conmutados entre acción directa o reversa.

La acción directa significa que cuando el controlador ve un incremento de señal desde el transmisor, su salida se incrementa. La acción reversa significa que un incremento en las señales de medición hace que la señal de salida disminuya.

Para determinar cuál de estas salidas es la correcta, un análisis debe ser llevado a cabo en el lazo.

Una selección incorrecta de la acción del controlador siempre resulta en un lazo de control inestable tan pronto como el mismo es puesto en modo automático. Asumiendo que la acción correcta sea seleccionada en el controlador, cómo sabe el dispositivo cuando la salida correcta ha sido alcanzada, en la figura 1.1, por ejemplo, para mantener el nivel constante, el controlador debe manipular el ingreso de caudal igual al de salida, según se demande. El controlador lleva a

cabo su trabajo manteniendo éste balance en un estado permanente, y actuando para restaurar este balance entre el suministro y la demanda cuando el mismo es modificado por alguna variación.

Cualquiera de los siguientes tres eventos podría ocurrir requiriendo un caudal diferente para mantener el nivel en el tanque

Primero, si la posición de la válvula manual de salida fuera abierta ligeramente, entonces un caudal mayor saldría del tanque, haciendo que el nivel caiga. Este es un cambio bajo demanda, y para restaurar el balance, la válvula de entrada de caudal debe ser abierta para proveer un mayor ingreso de líquido.

Un segundo tipo de condición de desbalance sería un cambio en el valor de consigna El tercer tipo de variación sería un cambio en el suministro, si la presión de salida de la bomba se incrementara, aún si la válvula de entrada se mantuviera en su posición, el incremento de presión causaría un mayor caudal, haciendo que el nivel comience a elevarse. Al medir el incremento, el controlador de nivel debería cerrar la válvula en la entrada para mantener el nivel a un valor constante.

Características del proceso y controlabilidad

El controlador automático usa cambios en la posición del actuador final para controlar la señal de medición, moviendo el actuador para oponerse a cualquier cambio que observe en la señal de medición. La controlabilidad de cualquier proceso es función de lo bien que una señal de medición responde a éstos cambios en la salida del controlador; para un buen control la medición debería comenzar a responder en forma rápida, pero luego no cambiar rápidamente. Debido al tremendo número de aplicaciones del control automático, caracterizando un proceso por lo que hace, o por industria, es una tarea engorrosa. Sin embargo, todos los procesos pueden ser descriptos por una relación entre las entradas y las salidas. La figura 1.3 ilustra la respuesta de un sistema en el cambio de estado de la salida del controlador y la respuesta del proceso. Al comienzo, no hay una respuesta inmediata en la indicación de temperatura, luego la respuesta comienza a cambiar, se eleva rápidamente al inicio, y se aproxima al final a un nivel constante. El proceso puede ser

caracterizado por dos elementos de su respuesta, el primero es el tiempo muerto (dead time en Inglés), o sea el tiempo antes de que la medición comience a responder, por ejemplo, el tiempo muerto se eleva debido a que el calor en el vapor debe ser conducido hasta el agua antes de que pueda afectar a la temperatura, y luego hacia el transmisor antes de que el cambio pueda ser percibido. El tiempo muerto es una función de las dimensiones físicas de un proceso y cosas tales como las velocidades de correas y regímenes de mezcla. Segundo, la capacidad de un proceso es el material o energía que debe ingresar o abandonar el proceso para cambiar las mediciones, es, por ejemplo, los litros necesarios para cambiar el nivel, las calorías necesarias para cambiar la temperatura, o los metros cúbicos de gas necesarios para cambiar la presión. La medición de una capacidad es su respuesta para un paso de entrada. Combinados con el tiempo muerto, los mismos definen cuanto tiempo lleva para que la señal responda a cambios en la posición de la válvula. Un proceso puede comenzar a responder rápidamente, pero no cambiar muy rápido si su tiempo muerto es pequeño y su capacidad muy grande. En resumen, cuanto mayor sea la constante de tiempo de la capacidad comparada con el tiempo muerto, mejor será la controlabilidad del proceso.

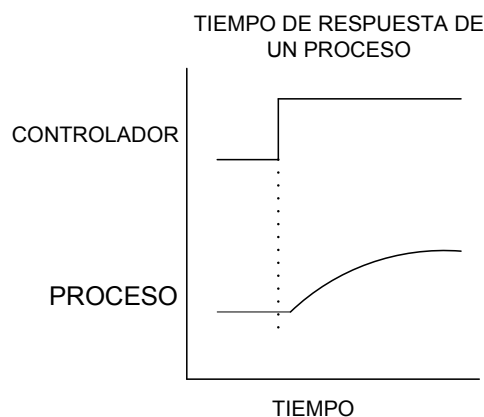


FIGURA N° 1.3

1.2.1 Tipos de respuestas del controlador

La primera y más básica característica de la respuesta del controlador ha sido indicada como la acción directa o reversa. Una vez que esta distinción

se ha llevado a cabo, existen varios tipos de respuestas que pueden ser usadas para controlar un proceso. Estas son:

- **El control Si/No.**

El control SI/No es mostrado en la figura 1.4,

Para un controlador de acción reversa y una válvula del tipo presión para cerrar. El controlador Si/No tiene dos salidas que son para máxima apertura y para apertura mínima, o sea cierre. Para este sistema se ha determinado que cuando la medición cae debajo del valor de set point

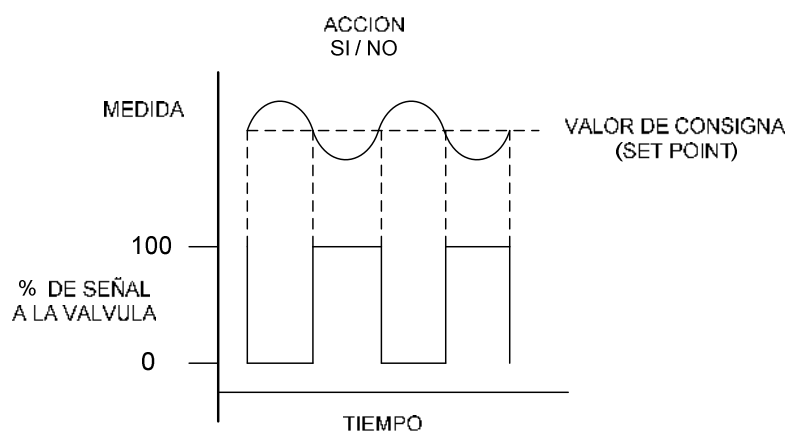


FIGURA 1.4

la válvula debe estar cerrada para hacer que se abra; así, en el caso en que la señal hacia el controlador automático esté debajo del valor de consigna, la salida del controlador será del 100%. A medida que la medición cruza el valor de consigna la salida del controlador va hacia el 0%. Esto eventualmente hace que la medición disminuya y a medida que la medición cruza el valor de consigna nuevamente, la salida vaya a un máximo. Este ciclo continuará indefinidamente, debido a que el controlador no puede balancear el suministro contra la carga. La continua oscilación puede, o puede no ser aceptable, dependiendo de la amplitud y

longitud del ciclo. Un ciclo rápido causa frecuentes alteraciones en el sistema de suministro de la planta y un excesivo desgaste del actuador. El tiempo de cada ciclo depende del tiempo muerto en el proceso debido a que el tiempo muerto determina cuanto tiempo toma a la señal de medición para revertir su dirección una vez que la misma cruza el valor de consigna y la salida del controlador cambia. La amplitud de la señal depende de la rapidez con que la señal de medición cambia durante cada ciclo. En procesos de gran capacidad, tales como cubas de calentamiento, la gran capacidad produce una gran constante de tiempo, por lo tanto, la medición puede cambiar sólo muy lentamente. El resultado es que el ciclo ocurre dentro de una banda muy estrecha alrededor del valor de consigna, y este control puede ser muy aceptable, si el ciclo no es muy rápido. Por lejos el tipo más común de control usado en la industria es el Si/No. Sin embargo si la medición del proceso es más sensible a los cambios en el suministro, la amplitud y frecuencia del ciclo comienza a incrementarse, en algún punto el ciclo se volverá inaceptable y alguna forma de control proporcional deberá ser aplicada.

De manera de estudiar los otros tres tipos de modos de control automático se usaran respuesta de lazo abierto. Un lazo abierto significa que sólo la respuesta del controlador será considerada.



FIGURA 1.5

La figura 1.5 muestra un controlador automático con una señal artificial desde un regulador manual introducida como la medición. El valor de consigna es introducido normalmente y a salida es registrada. Con éste

arreglo, las respuestas específicas del controlador a cualquier cambio deseado en la medición puede ser observada.

- **Acción proporcional.**

La respuesta proporcional es la base de los tres modos de control, si los otros dos, acción integral y acción derivativa están presentes, éstos son sumados a la respuesta proporcional. “Proporcional” significa que el cambio presente en la salida del controlador es algún múltiplo del porcentaje de cambio en la medición.

Este múltiplo es llamado “ganancia” del controlador. Para algunos controladores, la acción proporcional es ajustada por medio de tal ajuste de ganancia, mientras que para otros se usa una “banda proporcional”. Ambos tienen los mismos propósitos y efectos.

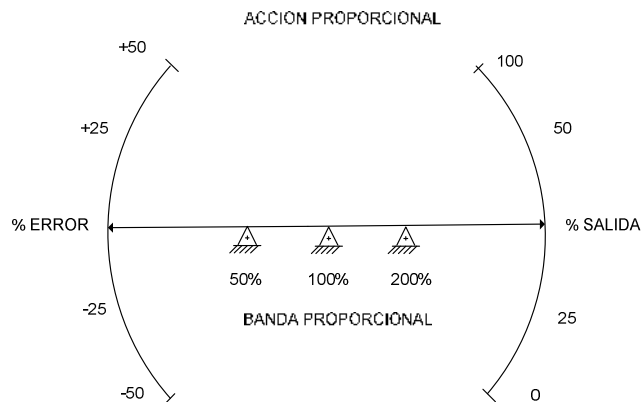


FIGURA 1.6

La figura 1.6 ilustra la respuesta de un controlador proporcional por medio de un indicador de entrada/salida pivotando en una de estas posiciones. Con el pivót en el centro entre la entrada y la salida dentro del gráfico, un cambio del 100% en la medición es requerido para obtener un 100% de cambio en la salida, o un desplazamiento completo de la válvula. Un controlador ajustado para responder de ésta manera se dice que tiene una banda proporcional del 100%. Cuando el pivót es

hacia la mano derecha, la medición de la entrada debería tener un cambio del 200% para poder obtener un cambio de salida completo desde el 0% al 100%, esto es una banda proporcional del 200%. Finalmente, si el pívot estuviera en la posición de la mano izquierda y si la medición se moviera sólo cerca del 50% de la escala, la salida cambiaría 100% en la escala. Esto es un valor de banda proporcional del 50%. Por lo tanto, cuanto mas chica sea la banda proporcional, menor será la cantidad que la medición debe cambiar para el mismo tamaño de cambio en la medición. O, en otras palabras, menor banda proporcional implica mayor cambio de salida para el mismo tamaño de medición. Esta misma relación está representada por la figura 1.7.

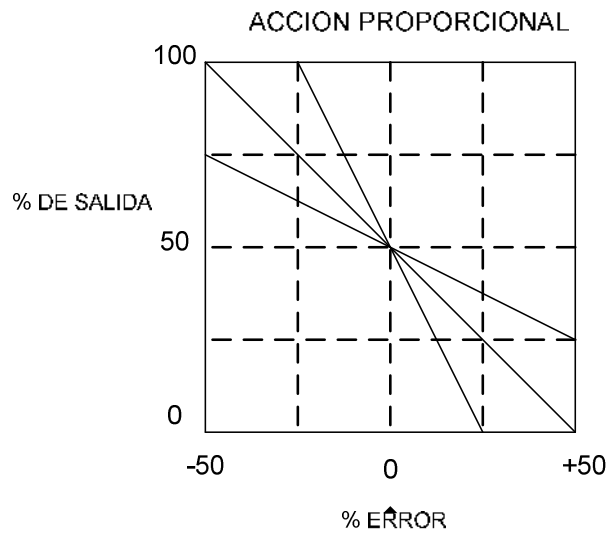


FIGURA 1.7

Este gráfico (figura 1.7) muestra cómo la salida del controlador responderá a medida que la medición se desvía del valor de consigna. Cada línea sobre el gráfico representa un ajuste particular de la banda proporcional. Dos propiedades básicas del control proporcional pueden ser observadas a partir de éste gráfico:

Por cada valor de la banda proporcional toda vez que la medición se iguala al valor de consigna, la salida es del 50%.

Cada valor de la banda proporcional define una relación única entre la medición y la salida. Por cada valor de medición existe un valor específico de salida. Por ejemplo, usando una línea de banda proporcional del 100%, cuando la medición está 25% por encima del valor de consigna, la salida del controlador deberá ser del 25%. La salida del controlador puede ser del 25% sólo si la medición esta 25% por encima del valor de consigna. De la misma manera, cuando la salida del controlador es del 25%, la medición será del 25% por encima del valor de consigna. En otras palabras, existe un valor específico de salida por cada valor de medición.

Para cualquier lazo de control de proceso sólo un valor de la banda proporcional es el mejor. A medida que la banda proporcional es reducida, la respuesta del controlador a cualquier cambio en la medición se hace mayor y mayor. En algún punto dependiendo de la característica de cada proceso particular, la respuesta en el controlador será lo suficientemente grande como para controlar que la variable medida retorne nuevamente en dirección opuesta a tal punto de causar un ciclo constante de la medición. Este valor de banda proporcional, conocido como la última banda proporcional, es un límite en el ajuste del controlador para dicho lazo . Por otro lado, si se usa una banda proporcional muy ancha la respuesta del controlador a cualquier cambio en la medición será muy pequeña y la medición no será controlada en la forma suficientemente ajustada. La determinación del valor correcto de banda proporcional para cualquier aplicación es parte del procedimiento de ajuste (tuning procedure) para dicho lazo . El ajuste correcto de la banda proporcional puede ser observado en la respuesta de la medición a una alteración.

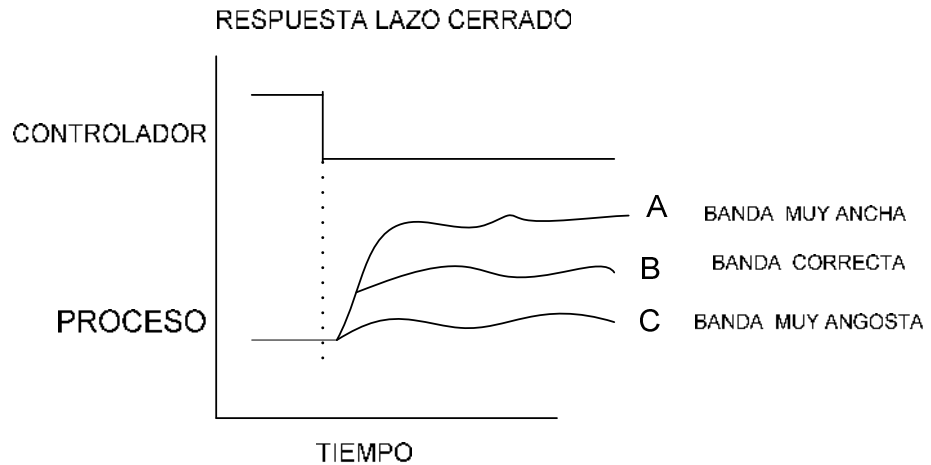


FIGURA 1.8

La figura 1.8 muestra varios ejemplos de bandas proporcionales variadas para el intercambiador de calor.

Idealmente la banda proporcional correcta producirá una amortiguación de amplitud de cuarto de ciclo en cada ciclo, en el cual cada medio ciclo es $\frac{1}{2}$ de la amplitud de del medio ciclo previo. La banda proporcional que causará una amortiguación de onda de un cuarto de ciclo será menor , y por lo tanto alcanzará un control mas ajustado sobre la variable medida , a medida que el tiempo muerto en el proceso decrece y la capacidad se incrementa .

Una consecuencia de la aplicación del control proporcional al lazo básico de control es el offset. Offset significa que el controlador mantendrá la medida a un valor diferente del valor de consigna. Esto es más fácilmente visto al observar la figura 1.1. Note que si la válvula de carga es abierta, el caudal se incrementará a través de la válvula y el nivel comenzará a caer, de manera de mantener el nivel, la válvula de suministro debería abrirse pero teniendo en cuenta la acción proporcional del lazo el incremento en la posición de apertura puede sólo ser alcanzado a un nivel menor. En otras palabras, para restaurar el balance entre el caudal de entrada y el de salida, el nivel se debe estabilizar a un valor debajo del valor de consigna (o setpoint). Esta diferencia, que será mantenida por el

lazo de control, es llamada offset, y es característica de la aplicación del control proporcional único en los lazos de realimentación. La aceptabilidad de los controles sólo-proporcionales dependen de si este valor de offset será o no tolerado , ya que el error necesario para producir cualquier salida disminuye con la banda proporcional , cuanto menor sea la banda proporcional , menor será el offset . Para grandes capacidades, aplicaciones de tiempo muerto pequeñas que acepten una banda proporcional muy estrecha, el control sólo proporcional será probablemente satisfactorio dado que la medición se mantendrá a una banda de un pequeño porcentaje alrededor del valor de consigna. Si es esencial que no haya una diferencia de estado estable entre la medición y el valor de consigna bajo todas las condiciones de carga, una función adicional deberá ser agregada al controlador.

- **Acción integral**

La respuesta del lazo abierto del modo integral es mostrada en la figura 1.9 que indica un escalón de cambio en algún instante en el tiempo . En tanto que la medición estuviera en su valor de consigna, no existiría ningún cambio en la salida debido al modo integral en el controlador

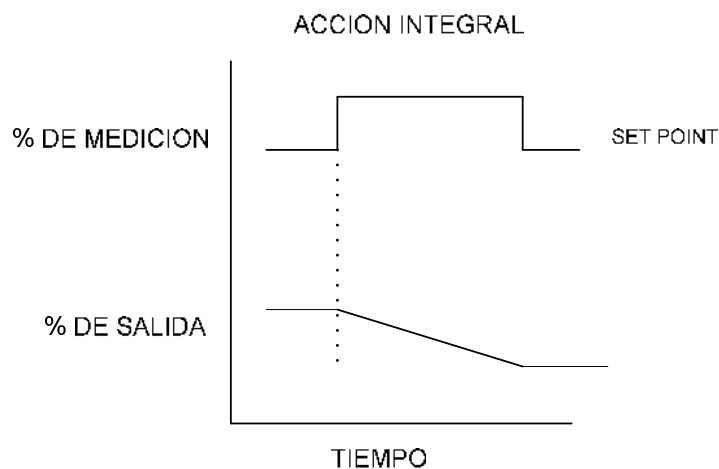


FIGURA 1.9

Sin embargo, cuando cualquier error exista entre la medición y el valor de consigna, la acción integral hace que la salida comience a cambiar y continúe cambiando en tanto el error exista. Esta función, entonces, actúa sobre la salida para que cambie hasta un valor correcto necesario para mantener la medición en el valor de consigna a varias cargas sea alcanzado. Esta respuesta es agregada a la banda proporcional del controlador según se muestra en la figura 1.10.

El escalón de cambio en la medición primero produce una respuesta proporcional, y luego una respuesta de integral es agregada a la proporcional. Cuanta más acción integral exista en el controlador, mas rápido cambia la salida en función del tiempo. Entre las varias marcas de controladores, la salida de acción integral es medida de una o dos maneras, tanto en minutos por repetición, o en número de repeticiones por minuto. Para aquellos controladores que miden en minutos por repetición, el tiempo integral es la cantidad de tiempo necesaria para que dicho modo repita la respuesta del lazo abierto causada por el modo proporcional para un paso de cambio de error. Así, para estos controladores, cuanto menor sea el número de la constante integral, mayor será la acción del modo integral. En aquellos controladores que miden la acción integral en repeticiones por minuto, el ajuste indica cuantas repeticiones de la acción proporcional son generados por el modo integral en un minuto. Así, para dichos controladores cuanto mayor sea el número integral, mayor será la acción integral. El tiempo de la acción integral es indicado en la figura 1.10

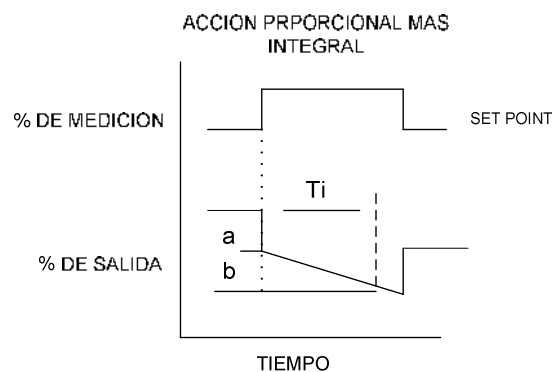


FIGURA 1.10

La correcta cantidad de acción de este modo depende de cuan rápido la medición puede responder al recorrido adicional de válvula que la misma causa. El controlador no debe comandar la válvula más rápido que el tiempo muerto en el proceso, permitiendo que la medición responda, o de otra manera la válvula ira a sus límites antes de que la medición pueda ser retornada nuevamente al valor de consigna. La válvula se mantendrá entonces en su posición extrema hasta que la medición cruce el valor de consigna en la dirección opuesta. El resultado será un ciclo de integral en el cual la válvula se desplaza de un extremo al otro a medida que la medición oscila alrededor del valor de consigna. Cuando la acción integral es aplicada en los controladores en procesos en serie en que la medición está alejada del valor de consigna por largos períodos entre series, esta acción puede llevar la salida a un máximo resultando en una oscilación. Cuando la próxima serie se inicie, la salida no alcanzará su máximo hasta que la medición cruce el valor de consigna produciendo grandes desviaciones.

- **Acción derivativa.**

La tercera respuesta encontrada en controladores es la acción derivativa. Así como la respuesta proporcional responde al tamaño del error y la acción integral responde al tamaño y duración del error, el modo derivativo responde a la cuan rápido cambia el error. En la figuras 1.11, dos respuestas derivativas son mostradas.

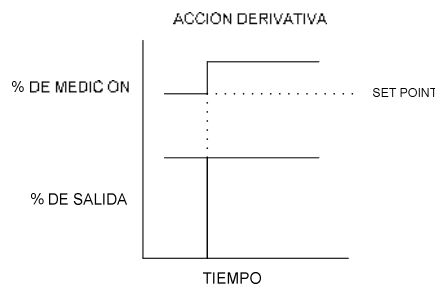


FIGURA 1.11a

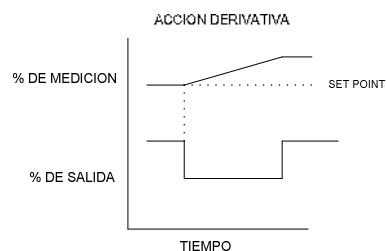


FIGURA 1.11b

La primera es una respuesta a un corte en la medición alejada del valor de consigna. Para un escalón, la medición cambia en forma infinitamente rápida, y el modo derivativo del controlador produce un cambio muy grande y repentino en la salida, que muere inmediatamente debido a que la medición ha dejado de cambiar luego del escalón. La segunda respuesta muestra la respuesta del modo derivativo a una medición que está cambiando a un régimen constante. La salida derivativa es proporcional al régimen de cambio de éste error. Cuanto mayor sea el cambio, mayor será la salida debido a la acción derivativa. La acción derivativa mantiene ésta salida mientras la medición esté cambiando. Tan pronto como la medición deja de cambiar, esté o no en el valor de consigna, la respuesta debido a la acción derivativa cesará.

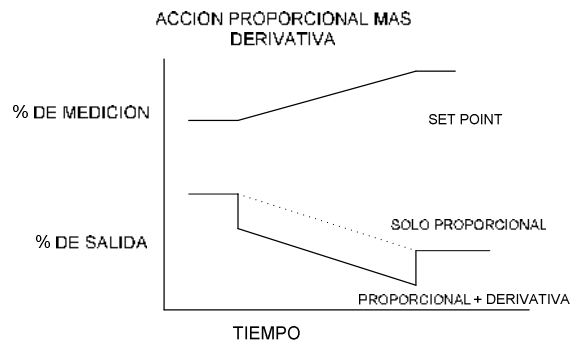


FIGURA 1.12

El tiempo derivativo en minutos es el tiempo que la respuesta proporcional del lazo abierto mas la respuesta derivativa está delante de la respuesta resultante del valor proporcional solamente. Así, cuanto más grande sea el número derivativo mayor será la respuesta derivativa. Los cambios en el error son un resultado de los cambios tanto en el valor de consigna como en la medición o en ambos. Para evitar un gran pico causado por las escalones de cambio en el valor de consigna, la mayoría de los controladores modernos aplican la acción derivativo sólo a cambios en la medición. La acción derivativa en los controladores ayuda a controlar procesos con constantes de tiempo especialmente grandes y tiempo muerto significativo, la acción derivativa es innecesaria en

aquellos procesos que responden rápidamente al movimiento de la válvula de control , y no puede ser usado en absoluto en procesos con ruido en la señal de medición , tales como caudal , ya que la acción derivativa en el controlador responderá a los cambios bruscos en la medición que el mismo observa en el ruido . Esto causará variaciones rápidas y grandes en la salida del controlador, lo que hará que la válvula esté constantemente moviéndose hacia arriba o hacia abajo, produciendo un desgaste innecesario en la misma

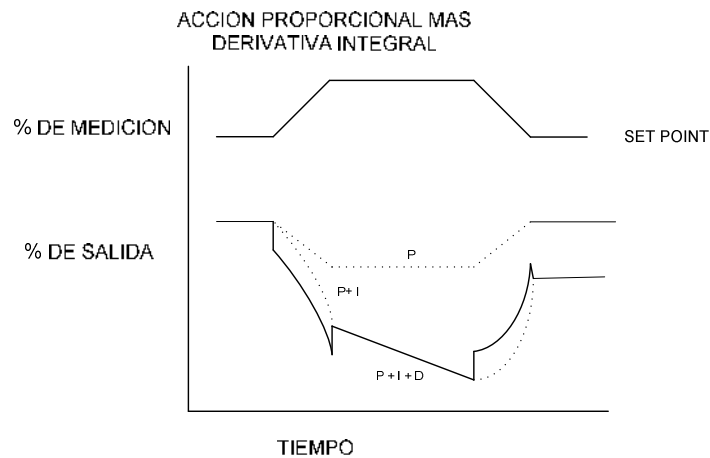


FIGURA 1.13

La figura 1.13 muestra un acción combinada de respuesta proporcional, integral y acción derivativa para la medición de temperatura de un intercambiador de calor simulado que se desvía del valor de consigna debido a un cambio de carga. Cuando la medición comienza a desviarse del valor de consigna, la primera respuesta del controlador es una respuesta derivativa proporcional al régimen de variación de la medición que se opone al movimiento de la medición al alejarse del valor de consigna. La respuesta derivativa es combinada con la respuesta proporcional agregada, a medida que la respuesta integral en el controlador ve el error incrementarse, el mismo controla la válvula más fuerte aún. La acción continúa hasta que la medición deja de cambiar, entonces la acción derivativa se detiene. Dado que existe aún un error, la medición continúa cambiando debido a la acción integral, hasta que la

medición comienza a retornar hacia el valor de consigna. Tan pronto como la medición comienza a moverse retornando hacia el valor de consigna, aparece una acción derivativa proporcional al régimen de cambio en la variación oponiéndose al retorno de la medición hacia el valor de consigna. La acción integral continúa debido a que aún existe un error, a pesar de que su contribución disminuye con el error. Además, la salida debido al valor proporcional está cambiando. Así, la medición retorna hacia el valor de consigna. Tan pronto como la medición alcanza el valor de consigna y deja de cambiar, la acción derivativa cesa nuevamente y la salida proporcional vuelve al 50%. Con la medición nuevamente en su valor de consigna, no existen más respuestas a variaciones debidas a la acción integral. Sin embargo, la salida está ahora a un nuevo valor. El nuevo valor es el resultado de la acción integral durante el tiempo en que la medición se alejó del valor de consigna, y compensa el cambio de carga que fue causado por la alteración original.

1.2.2 Instrumentación industrial

Instrumentación: es el grupo de elementos que sirven para medir, controlar o registrar variables de un proceso con el fin de optimizar los recursos utilizados en éste.

El instrumento más conocido y utilizado es el reloj, el cual nos sirve para controlar el uso eficaz de nuestro tiempo.

En otras palabras, la instrumentación es la ventana a la realidad de lo que está sucediendo en determinado proceso, lo cual servirá para determinar si el mismo va encaminado hacia donde deseamos, y de no ser así, podremos usar la instrumentación para actuar sobre algunos parámetros del sistema y proceder de forma correctiva.

La instrumentación es lo que ha permitido el gran avance tecnológico de la ciencia actual en casos tales como: los viajes espaciales, la automatización de los procesos industriales, biomédica y mucho otros de los aspectos de nuestro mundo moderno; ya que la automatización es solo posible a través

de elementos que puedan sensor lo que sucede en el ambiente, para luego tomar una acción de control pre-programada que actúe sobre el sistema para obtener el resultado previsto.

- Característica de los instrumentos

De acuerdo con las normas SAMA (Scientific Apparatus Makers Association), las características de mayor importancia, para los instrumentos son:

Campo de medida o rango (range): Es el conjunto de valores dentro de los límites superior e inferior de medida, en los cuales el instrumento es capaz de trabajar en forma confiable. Por ejemplo, un termómetro de mercurio con rango de 0 a 50 grados Celsius

Alcance: Es la diferencia entre el valor superior e inferior del campo de medida. Para el caso del termómetro del ejemplo, el Alcance será de 50 grados Celsius.

Error: Es la diferencia que existiría entre el valor que el instrumento indique que tenga la variable de proceso y el valor que realmente tenga esta variable en ese momento.

Precisión: Esto es la tolerancia mínima de medida que permitirá indicar, registrar o controlar el instrumento. En otras palabras, es la mínima división de escala de un instrumento indicador. Generalmente esta se expresa en porcentaje (%) del Alcance

Zona muerta: Es el máximo campo de variación de la variable en el proceso real, para el cual el instrumento no registra ninguna variación en su indicación, registro o control.

Sensibilidad: Es la relación entre la variación de la lectura del instrumento y el cambio en el proceso que causa este efecto.

Repetibilidad: Es la capacidad de un instrumento de repetir el valor de una medición, de un mismo valor de la variable real en una única dirección de medición.

Histeresis: Similar a la repetibilidad, pero en este caso el proceso de medición se efectuara en ambas direcciones

Campo de medida con supresión de cero: Es aquel rango de un instrumento cuyo valor mínimo se encuentra por encima del cero real de la variable

Campo de medida con elevación de cero: Es aquel rango de un instrumento cuyo valor mínimo se encuentra por debajo de cero de las variables

- Clasificación de los instrumentos

Existen dos formas de clasificar los instrumentos las cuales son:

a.- De acuerdo a su función en el proceso.

b.- De acuerdo a la variable de proceso que miden.

Este modo de clasificarlos no es necesariamente el único, pero se considera bastante completo.

De acuerdo a su función estos serán:

- Instrumentos indicadores: son aquellos que como su nombre bien dice, indican directamente el valor de la variable de proceso. Ejemplos: manómetros, termómetros, etc.
- Instrumentos ciegos: son los que cumplen una función reguladora en el proceso, pero no muestran nada directamente. Ejemplos termostatos, presostatos, etc.

- Instrumentos registradores: en algunos casos podrá ser necesario un registro histórico de la variable que se estudia en un determinado proceso. en este caso, se usaran instrumentos de este tipo. .
- Elementos primarios: algunos elementos entran en contacto directo con el fluido o variable de proceso que se desea medir, con el fin de recibir algún efecto de este (absorben energía del proceso), y por este medio pueden evaluar la variable en cuestión. (placa orificio)
- Transmisores: estos elementos reciben la variable de proceso a través del elemento primario, y la transmiten a algún lugar remoto. Estos transmiten las variables de proceso en forma de señales proporcionales a esas variables.
- Transductores: son instrumentos fuera de línea (no en contacto con el proceso), que son capaces de realizar operaciones lógicas y/o matemáticas con señales de uno o más transmisores.
- Convertidores: en ciertos casos, la señal de un transmisor para ser compatible con lo esperado por el receptor de esa señal, en ese caso se utilizara un elemento convertidor para lograr la ante mencionada compatibilidad de señal
- Receptores: son los instrumentos que generalmente son instalados en el panel de control, como interfase entre el proceso y el hombre. Estos reciben la señal de los transmisores o de un convertidor.
- Controladores: este es uno de los elementos más importante, ya que será el encargado de ejercer la función de comparar lo que está sucediendo en el proceso, con lo que realmente se desea que suceda en él, para posteriormente, en base a la diferencia, envíe una señal al proceso que tienda a corregir las desviaciones.
- Elemento final de control: será este elemento quien reciba la señal del controlador y quien estando en contacto directo con el proceso en línea, ejerza un cambio en este, de tal forma que se cambien los parámetros hacia el valor deseado. Ejemplo: válvulas de control, compuertas, etc.
- De acuerdo a la variable de proceso que miden: Esta clasificación, como su nombre lo indica, se referirá a la variable de proceso que

tratemos de medir. En la actualidad, se pueden medir, casi sin excepción, todas las variables de proceso existentes, sin embargo, algunas se medirán de forma directa y otras indirectamente.

1.3 Descripción de las células Peltier

El efecto Peltier consiste en lo siguiente: Cuando se hace pasar una corriente por un circuito compuesto de materiales diferentes cuyas uniones están a la misma temperatura, se produce el efecto inverso al Seebeck (principio utilizado en las termocuplas). En este caso, se absorbe calor en una unión y se desprende en la otra. La diferencia de temperaturas depende de las características de las células, pueden ir desde 15° hasta 60°

Lo que lo hace aún más interesantes es el hecho de que, al invertir la polaridad de alimentación, se invierte también su funcionamiento; es decir: la superficie que antes generaba frío empieza a generar calor, y la que generaba calor empieza a generar frío.

Gracias a los inmensos avances en el campo de semiconductores, hoy en día, se construyen sólidamente y en tamaño de una moneda. Los semiconductores están fabricados con Teluro y Bismuto para ser tipo P o N (buenos conductores de electricidad y malos del calor) y así facilitar el trasvase de calor del lado frío al caliente por el efecto de una corriente continua. Las unidades Peltier también tienen algunos inconvenientes ha tener en cuenta. Como pueden ser el alto consumo eléctrico, o que dependiendo de la temperatura y la humedad puede producirse condensación y en determinadas condiciones incluso puede formarse hielo.

El efecto Peltier hace referencia a la creación de una diferencia de temperatura debida a un voltaje eléctrico. Sucede cuando una corriente se hace pasar por dos metales o semiconductores conectados por dos “junturas de Peltier”. La corriente propicia una transferencia de calor de una juntura a la otra: una se enfría en tanto que otra se calienta. Una manera para entender cómo es que este efecto enfría una juntura es notar que cuando los electrones fluyen de una región de alta

densidad a una de baja densidad, se expanden (de la manera en que lo hace un gas ideal) y se enfría la región.

Cuando una corriente I se hace pasar por el circuito, el calor se genera en la junta superior (T_2) y es absorbido en la junta inferior (T_1). A y B indican los materiales.

Circuito que muestra el efecto Peltier

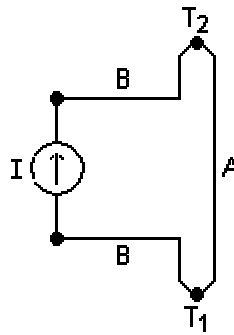


FIGURA 1.14

Cuando dos metales distintos se ponen en contacto (soldadura) aparece una diferencia de potencial (V) debida a que los electrones libres de uno de los metales tienen más energía que los del otro. Cuando se hace pasar una corriente eléctrica por la soldadura si la dirección de la corriente es contraria a la de los electrones tiene que ganar energía y lo extraen de los metales enfriando la soldadura. Mientras que si es a favor los electrones pierden energía cediéndola a la soldadura que se calienta.

El efecto Peltier es reversible y es lo que da lugar al efecto termoeléctrico (Seebeck). Es decir cuando dos metales se sueldan formando un anillo (dos soldaduras) se puede producir una corriente eléctrica en el anillo si las dos soldaduras están a distinta temperatura.

En 1834 cuando el físico francés Jean Charles Peltier descubrió este efecto termoeléctrico, en el curso de sus investigaciones sobre la electricidad.

Este interesante fenómeno se mantuvo reducido a algunas pequeñas aplicaciones hasta ahora época en que se comienza a utilizar sus posibilidades con más frecuencia

De igual manera este fenómeno se aprovecha con más auge a través de las llamadas células Peltier. Alimentando una de estas células Peltier, se establece una diferencia de temperatura entre las dos caras de la célula Peltier, esta diferencia depende de la temperatura ambiente donde este situada la célula PELTIER, y del cuerpo que queramos enfriar o calentar. Su uso más bien es para enfriar, ya que para calentar existen las resistencias eléctricas, que son mucho más eficientes en que las células peltier, estas son mucho más eficaces refrigerando, ya que su reducido tamaño, las hace ideales para sustituir costosos y voluminosos equipos de refrigeración asistida por gas o agua.

1.3.1 Células Peltier

Las aplicaciones prácticas de estas células son infinitas. La lista podría ser interminable, ya que son muchas las aplicaciones en que es necesario utilizar el frío y al mismo tiempo, el calor.

Si observamos la figura, podemos ver que se compone, prácticamente, de dos materiales semiconductores, uno con canal N y otro con canal P, unidos entre si por una lámina de cobre.

Si en el lado del material N se aplica la polaridad positiva de alimentación en el lado del material P la polaridad negativa, la placa de cobre de la parte superior enfría, mientras que la inferior calienta.

Si en esta misma célula, se invierte la polaridad de alimentación, es decir, se aplica en el lado del material N la polaridad negativa y en el lado del material P la positiva, se invierte la función de calor / frío: la parte superior calienta y la inferior enfría.

Un dispositivo de refrigeración convencional lleva tres elementos fundamentales: un evaporador, un compresor y un condensador. El

evaporador representa la sección fría dentro de la cual el refrigerante, bajo presión, puede evaporarse. El paso del refrigerante de estado líquido a gaseoso necesita tomar calor de su entorno. El compresor funciona como una bomba para el refrigerante, que, comprimiéndolo, hace que pase de estado gaseoso a líquido, restituyendo su energía calórica. El condensador radia las calorías cedidas por el refrigerante, y el compresor, al exterior. El módulo Peltier, por lo tanto presenta ciertas analogías con un dispositivo como este. Es, por lo tanto, una bomba de calor estática que no requiere ni gas ni partes móviles. (Figura 1.15).

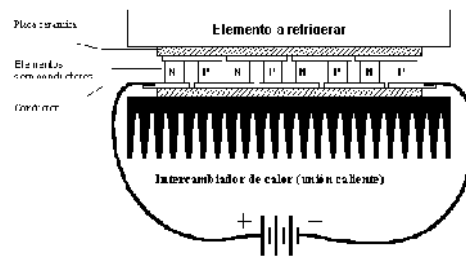


Figura 1.15

Físicamente los elementos de un módulo Peltier son bloques de 1 mm cúbicos conectados eléctricamente en serie y térmicamente en paralelo (figura 1.16). Los módulos Peltier también funcionan mejor o peor en función de la alimentación que requieran, ya que no todos funcionan con los mismos voltios ni amperios. Por consiguiente, cada tipo de módulo se alimenta con la tensión indicada por el fabricante, para evitar que se inutilice en un plazo breve.

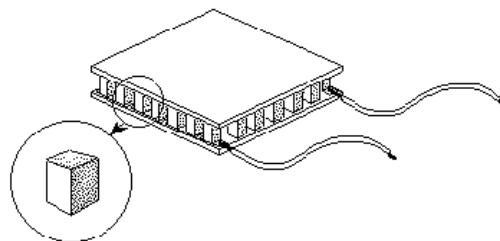


FIGURA 1.16

Si tenemos en cuenta sus reducidas dimensiones, unos milímetros escasos, una sola célula puede alcanzar, como máximo una potencia frigorífica de 0,5 watts.

Es decir, que para conseguir potencias frigoríficas de 15 a 20 watts, hay que realizar baterías formadas, como mínimo por 30 o 40 células. De hecho, al aumentar el número de células, aumenta la superficie irradiante y, por lo tanto, la potencia refrigerante. En resumen, que tanto la dimensión como la potencia calorífica obtenida dependen del número de elementos utilizados por módulo.

Existen células Peltier con dimensiones y potencias diversas. También existen células aisladas y no aisladas, en función de que encima y debajo de las dos superficies exista, o no, una capa fina de material cerámico, necesario para aislar las láminas de cobre de las distintas células; por consiguiente estas dos superficies se pueden apoyar sobre cualquier plano metálico sin necesidad de aislantes, o no.

Las células ya aisladas tienen un material cerámico con una resistencia térmica muy baja, por lo que la pérdida de transferencia es insignificante. El frío o calor que puede generar un módulo Peltier viene especificado por el salto térmico (diferencia térmica, incremento, etc.) que indican sus fabricantes.

En teoría, un salto térmico de 70 grados significa que si el lado caliente de la célula se ha estabilizado a una temperatura de 45 grados, en el lado frío existe una temperatura de $45 - 70 = -25$ grados.

Por el contrario, si el lado caliente sólo alcanza 35 grados, en el lado frío hay una temperatura de $35 - 70 = -35$ grados

A nivel práctico, debido a las inevitables pérdidas de transferencia de calor entre célula y aleta de refrigeración es difícil alcanzar este salto térmico. Tampoco tiene un rendimiento lineal y son elementos muy pesados.

Quiero decir con esto (no que pesen) que el rendimiento obtenido del funcionamiento del aparato es muy bajo.

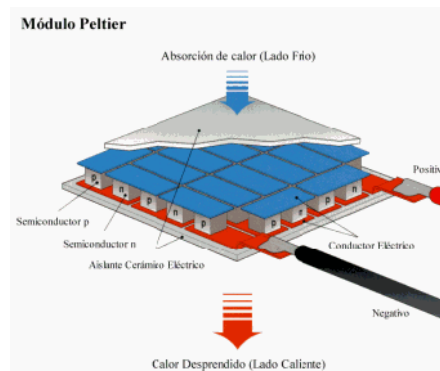


FIGURA 1.17

Esquema de funcionamiento de una célula peltier:

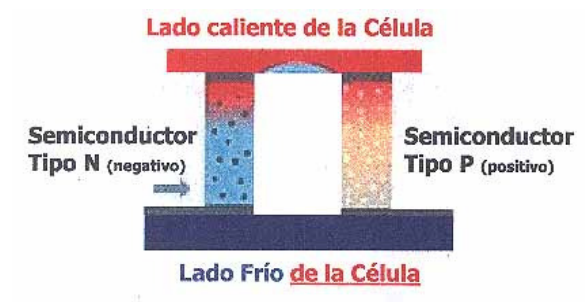


FIGURA 1.18

Ejemplo de montaje de una célula Peltier:



FIGURA 1.19

Con esto sustituimos la tecnología de un refrigerador tradicional, por un refrigerador o termo con enfriamiento mediante las células Peltier, a más de un microcontrolador que mida y controle la temperatura interna del sistema mediante un lazo de control.

1.3.2 Refrigeración Termoelectrica

En el estudio de aplicaciones que pueden usar la refrigeración termoelectrica, así como la elaboración de diferentes equipos de refrigeración que satisfagan las necesidades actuales en este campo hay que tener en cuenta que la refrigeración por métodos termoelectricos podría sustituir en bastantes casos a los sistemas de refrigeración actuales, eliminando así el uso de los CFC, gases contaminantes que destruyen de la capa de ozono. Además de esta, la refrigeración termoelectrica posee diversas ventajas, entre las que se pueden destacar:

- Producción de frío y calor indistintamente simplemente invirtiendo la polaridad de la tensión aplicada.
- Ser totalmente silenciosas, así como no producir vibraciones.
- Fácil variación de la potencia refrigerante, actuando sobre la tensión de alimentación.
- No necesitan mantenimiento.
- No posee elementos móviles.
- Asegura la estanqueidad del elemento a refrigerar.
- Puede funcionar en cualquier posición.

En función de las características de la refrigeración termoelectrica expuestas, el campo de estudio y aplicación de esta es muy amplio. Es posible el estudio de aplicaciones concretas tales como: refrigeración de cuadros eléctricos, refrigeración de frigoríficos portátiles.

Son importantes las aplicaciones alternativas que puedan utilizar termoelectrico, como pueden ser aplicaciones en medicina, sistemas de refrigeración de aire acondicionado para habitáculos reducidos, etc.

Sistemas de Montaje Termoelectrico

Estaría compuesto por un conjunto de células termoelectricas fijadas sobre un sistema de disipación (fuente caliente), compuesto por un disipador y un conjunto de ventiladores, cuya misión es la de evacuar por convección forzada la mayor cantidad de calor posible.

Por la otra cara de las células termoelectricas actúa un sistema de conducción de calor desde la fuente fría, compuesto por un disipador y un conjunto de bloques transmisores de ajuste. Este último tiene la doble misión de fijar las células termoelectricas y procurar una conducción adecuada de calor desde la fuente fría.

No obstante el equipo variará en función de las necesidades del propio elemento a refrigerar.

El rendimiento del equipo refrigerante termoelectrico ira en función de varios factores: buen asentamiento de las células termoelectricas tanto en el disipador del lado caliente como en el bloque de ajuste, para evitar pérdidas, en cuanto a los disipadores deben poseer un coeficiente de conductividad adecuado y una superficie lo mas grande posible, para que la evacuación de calor sea efectiva, procurando al disipador de calor una convección forzada suficiente, para facilitar la emisión de calor al exterior, por que cuanto más baja mantengamos la temperatura del lado caliente menores temperaturas obtendremos en lado frío, dado que el salto térmico de las células termoelectricas permanece aproximadamente constante, también es importante calcular la intensidad de funcionamiento optimo, para obtener el máximo rendimiento. Esto es de fundamental importancia para poder competir en mercados internacionales, ya que debido la gran sensibilidad del rendimiento de los sistemas en función del montaje idóneo.

1.4 Estudio Termodinámico

1.4.1 Definición de calor y leyes de termodinámica

1.4.1.1 Definiciones

Calor: La unidad de medida del calor en el Sistema Internacional es el Joule. La caloría también se usa a menudo en Química. Al usar calorías como unidad de medida del calor, es importante notar que la caloría está definida como el calor necesario para aumentar en 1 °C la temperatura de un gramo de agua destilada, es decir tiene una definición basada en el calor específico. Esto significa que al medir el calor específico (a presión constante) usando calorías, todas las sustancias con un calor específico menor que el del agua tendrán su medición con una magnitud menor que 1 y los que tengan un calor específico mayor la tendrán mayor que 1.

Calor específico: El calor específico o más formalmente la capacidad calorífica específica de una sustancia es una magnitud física que indica la capacidad de un material para almacenar energía interna en forma de calor. De manera formal es la energía necesaria para incrementar en una unidad de temperatura una cantidad de sustancia; usando el SI es la cantidad de julios de energía necesaria para elevar en un 1 K la temperatura de 1 kg de masa. Se la representa por lo general con la letra c .

Se necesita más energía calorífica para incrementar la temperatura de una sustancia con un alto valor del calor específico que otra con un valor pequeño. Por ejemplo, se requiere ocho veces más energía para incrementar la temperatura de un lingote de magnesio que para un lingote de plomo de la misma masa. El calor específico es pues una propiedad intensiva, por lo que es

representativa de cada sustancia, mientras que la capacidad calorífica, de la cual depende, es una propiedad extensiva y es representativa de cada cuerpo particular.

Matemáticamente el calor específico es la razón entre la capacidad calorífica de un objeto y su masa. El término se originó por el trabajo del físico Joseph Black quien condujo varias medidas del calor y usó la frase “capacidad para el calor”, en ese entonces la mecánica y la termodinámica se consideraban ciencias independientes, por lo que el término podría parecer inapropiado, tal vez un mejor nombre podría ser *transferencia de calor específica*, pero el término está demasiado arraigado para ser reemplazado.

Ecuaciones básicas

El calor específico se define de la siguiente forma:

$$c = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{Q}{m\Delta T} = \frac{Q}{m}$$

ec. 1.1

Donde:

Q es el calor que se entra o sale de la sustancia,

m es la masa (se usa una n cuando la medición es molar),

c es el calor específico de la sustancia, y

ΔT es el incremento de temperatura.

Asimismo, para hallar el calor se puede dividir el incremento de temperatura en N intervalos pequeños ΔT_n , si suponemos que c_n

es constante en los intervalos pequeños desde T_i hasta T_f entonces se sigue que:

$$Q = \sum_{n=1}^N mc_n \Delta T_n$$

ec. 1.2

Donde c es una función de la Temperatura del objeto. Esta función es creciente para la mayoría de las sustancias. Esto se debe a efectos cuánticos que hacen que los modos de vibración estén cuantizados y sólo estén accesibles a medida que aumenta la temperatura.

De manera diferencial esto resulta en:

$$Q = m \int_{T_i}^{T_f} c dT$$

ec 1.3

De una manera no diferencial

$$Q = mc\Delta T \quad \text{ec 1.4}$$

O bien

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}$$

ec.1.5

Medida de temperatura

El intervalo de temperatura, en Física, Ingeniería y Química es por lo general el Kelvin, o el grado Celsius (ambos tienen la misma magnitud).

Otras unidades

En los Estados Unidos y en los otros países donde se sigue utilizando el Sistema Anglosajón de Unidades, el calor específico se suele medir en BTU¹ (unidad de calor) por libra (unidad de masa) y grado Fahrenheit (unidad de temperatura).

La BTU se define como la cantidad de calor que se requiere para elevar un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua en condiciones atmosféricas normales.

En Física e Ingeniería, es de uso corriente designar C mayúscula a la capacidad calorífica, y c minúscula al calor específico; en Química en cambio es más frecuente usar las mayúsculas para indicar que la unidad de la cantidad de sustancia es el mol y la minúscula para la masa.

Las unidades del SI son:

Julios por gramo-Kelvin ($\text{J g}^{-1} \text{K}^{-1}$) o el *Julio por mol-Kelvin* ($\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$). Se pueden crear, sin embargo, distintas variantes de estas unidades, como por ejemplo $\text{kJ kg}^{-1} \text{K}^{-1}$ y $\text{kJ mol}^{-1} \text{K}^{-1}$.

Tabla de calores específicos

SUSTANCIA	FASE	Cp kJ/Kg
Helio	gas	5,19
Argón	gas	0,52
Hidrógeno	gas	14,30
Nitrógeno	gas	1,04
Oxígeno	gas	0,918

¹ Unidad térmica Británica, equivalente a 252,2 calorías ó 1055 Julios

Aire	gas	1,012
Aluminio	sólido	0,897
Amoniaco	líquido	4,70
Cobre	sólido	0,385
Gasolina	liquido	2,22
Oro	solido	0,12
Hierro	solido	0,45
Agua	Gas(100°C)	2,08
Agua	Liquido (25°C)	4,1813
Agua	Solido (0°C)	2,114

Tabla 1.1

1.4.1.2 Termodinámica

La termodinámica (del griego $\theta\epsilon\rho\mu\omicron$ -, *termo*, que significa "calor" y $\delta\acute{\upsilon}\nu\alpha\mu\iota\varsigma$, *dinámico*, que significa "fuerza") es una rama de la física que estudia los efectos de los cambios de la temperatura, presión y volumen de los sistemas físicos a un nivel macroscópico. Aproximadamente, calor significa "energía en tránsito" y dinámica se refiere al "movimiento", por lo que, en esencia, la termodinámica estudia la circulación de la energía y cómo la energía infunde movimiento.

El punto de partida para la mayor parte de las consideraciones termodinámicas son las leyes de la termodinámica, que postulan que la energía puede ser intercambiada entre sistemas físicos en forma de calor o trabajo. También se postula la existencia de una magnitud llamada entropía, que puede ser definida para cualquier sistema. En la termodinámica se estudian y clasifican las interacciones entre diversos sistemas, lo que lleva a definir

conceptos como sistema termodinámico y su contorno. Un sistema termodinámico se caracteriza por sus propiedades, relacionadas entre sí mediante las ecuaciones de estado. Éstas se pueden combinar para expresar la energía interna y los potenciales termodinámicos, útiles para determinar las condiciones de equilibrio entre sistemas y los procesos espontáneos.

Con estas herramientas, la termodinámica describe cómo los sistemas responden a los cambios en su entorno. Esto se puede aplicar a una amplia variedad de temas de ciencia e ingeniería, tales como motores, transiciones de fase, reacciones químicas, fenómenos de transporte, e incluso agujeros negros. Los resultados de la termodinámica son esenciales para otros campos de la física y la química, ingeniería química, ingeniería aeroespacial, ingeniería mecánica, biología celular, ingeniería biomédica, y la ciencia de materiales por nombrar algunos.

- **Primera ley de la termodinámica**

También conocido como principio de conservación de la energía para la termodinámica, establece que si se realiza trabajo sobre un sistema o bien éste intercambia calor con otro, la energía interna del sistema cambiará. Visto de otra forma, esta ley permite definir el calor como la energía necesaria que debe intercambiar el sistema para compensar las diferencias entre trabajo y energía interna. Fue propuesta por Antoine Lavoisier.

La ecuación general de la conservación de la energía es la siguiente:

$$E_{entra} - E_{sale} = \Delta E_{sistema}$$

ec.1.6

Que aplicada a la termodinámica teniendo en cuenta el criterio de signos termodinámico, queda de la forma:

$$Q = \Delta U + W$$

ec.1.7

- **Segunda ley de la termodinámica**

Esta ley regula la dirección en la que deben llevarse a cabo los procesos termodinámicos y, por lo tanto, la imposibilidad de que ocurran en el sentido contrario (por ejemplo, que una mancha de tinta dispersada en el agua pueda volver a concentrarse en un pequeño volumen). También establece, en algunos casos, la imposibilidad de convertir completamente toda la energía de un tipo en otro sin pérdidas. De esta forma, La Segunda ley impone restricciones para las transferencias de energía que hipotéticamente pudieran llevarse a cabo teniendo en cuenta sólo el Primer Principio. Esta ley apoya todo su contenido aceptando la existencia de una magnitud física llamada entropía tal que, para un sistema aislado (que no intercambia materia ni energía con su entorno), la variación de la entropía siempre debe ser mayor que cero.

Debido a esta ley también se tiene que el flujo espontáneo de calor siempre es unidireccional, desde los cuerpos a temperatura más alta a aquellos de temperatura más baja.

- **Tercera ley de la termodinámica**

La Tercera de las leyes de la termodinámica, propuesto por Walther Nernst, afirma que es imposible alcanzar una temperatura igual al cero absoluto mediante un número finito

de procesos físicos. Puede formularse también como que a medida que un sistema dado se aproxima al cero absoluto, su entropía tiende a un valor constante específico. La entropía de los sólidos cristalinos puros puede considerarse cero bajo temperaturas iguales al cero absoluto. No es una noción exigida por la Termodinámica clásica, así que es probablemente inapropiado tratarlo de “ley”.

Es importante recordar que los principios o leyes de la Termodinámica son sólo generalizaciones estadísticas, válidas siempre para los sistemas macroscópicos, pero inaplicables a nivel cuántico.

Asimismo, cabe destacar que el primer principio, el de conservación de la energía, es la más sólida y universal de las leyes de la naturaleza descubiertas hasta ahora por la ciencia.

1.4.2 Transferencia de calor y equilibrio térmico

Transmisión de calor

En física, la transferencia de calor es el paso de energía térmica desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura, ocurre de tal manera que el cuerpo y su entorno alcancen equilibrio térmico, como resultado de la ley cero de la termodinámica. Cuando existe una diferencia de temperatura entre dos objetos en proximidad uno del otro, la transferencia de calor no puede ser detenida; solo puede hacerse más lenta.

Mecanismos de transmisión

La transferencia de calor siempre ocurre de un área o cuerpo caliente a uno más frío. La transferencia de calor clásica ocurre solamente a través de los procesos de conducción, convección, radiación o cualquier combinación de ellos. La transferencia de calor asociada al cambio de fase de una sustancia

(como, por ejemplo, la asociada al proceso de ebullición del agua líquida) a veces se considera como un tipo de convección.

La transferencia de calor es de particular interés para los ingenieros, quienes intentan comprender y controlar el flujo de calor a través de los aislamientos térmicos, intercambiadores de calor, y otros dispositivos. La transferencia de calor se enseña típicamente a los estudiantes y graduados de ingeniería mecánica y química.

- Calor — transferencia de energía térmica (es decir, de energía y entropía). Ocurre siempre desde un material caliente a uno más frío. La transferencia de calor puede cambiar la energía interna de los materiales.
- Energía interna — la energía que poseen todas las moléculas y electrones de los que están compuestos los materiales por el hecho de estar vibrando continuamente (excepto en el caso de que estos se encontrasen en el cero absoluto y, entonces, estarían totalmente inmóviles).
- Conducción: La conducción es la transferencia de calor desde una región de alta temperatura a una región de temperatura más baja a través de comunicación molecular directa en el interior de un medio o entre medios en contacto físico directo sin flujo del medio material. La transferencia de energía puede ser, en primera instancia, por impacto elástico como en un fluido; por difusión libre de electrones como predomina en los materiales, o vibraciones de electrones como predomina en los aisladores. En otras palabras, el calor es transferido por conducción cuando átomos adyacentes vibran unos contra otros, o cuando los electrones se mueven de un átomo a otro. La conducción es mayor en sólidos, cuando los átomos están en contacto constante. En líquidos (excepto cuando son líquidos metálicos) y gases, las moléculas están aleatoriamente separadas, dándole una menor oportunidad a estas el chocar y el transferir la energía térmica.

La conducción del calor es directamente análoga a la difusión de partículas en un fluido, en la situación en la que no hay fluido. Este tipo de difusión de calor difiere de la difusión de masa en comportamiento solamente, ya que puede ocurrir en sólidos, mientras que la difusión de masa se limita solo a los líquidos.

Los metales (por ejemplo el cobre) son usualmente los mejores conductores de energía térmica. Esto es debido a la manera como los metales están enlazados químicamente: Los enlaces metálicos (a diferencia del enlace covalente o del enlace iónico) tienen electrones en movimiento libre y forman una estructura cristalina, ayudando, en gran medida, a la transferencia de energía térmica.

Los fluidos (líquidos (excepto los metales líquidos) y gases) no son típicamente buenos conductores. Esto es debido a la gran distancia entre átomos en los gases: a menores colisiones de átomos hay menos conducción. A medida que la densidad disminuye, así también la conducción. La conductividad de los gases aumenta con la temperatura pero solo levemente a presiones cercanas o por encima de la atmosférica. La conducción no aparece del todo en vacío perfecto.

Para cuantificar la facilidad con la cual un medio en particular conduce el calor, los ingenieros emplean la conductividad térmica, conocida también como constante de conductividad o coeficiente de conducción, k . Se define k como *"la cantidad de calor, Q , transferida en un tiempo t , a través de una longitud L , en una dirección perpendicular a una superficie de área A , debido a una diferencia de temperatura ΔT "* La conductividad térmica es una propiedad de los materiales que es primordialmente dependiente de la fase del medio, la temperatura, la densidad y la interacción molecular.

Un tubo de calor es un dispositivo pasivo que se construye de manera que actúe como si tuviera conductividad térmica extremadamente alta.

- **Convección:** La convección es la combinación de conducción y transferencia de energía térmica a través de fluidos en movimiento o el movimiento de grupos de partículas calientes hacia áreas más frías en un medio material. A diferencia de conducción pura, ahora, fluido en movimiento está adicionalmente envuelto en la convección. Este movimiento ocurre en fluidos o en el interior de ellos, pero no en sólidos porque en estos, las partículas mantienen su posición relativa hasta tal punto que no se permite el movimiento o el flujo en masa de las mismas, y por lo tanto la conexión no puede ocurrir.

La convección sucede en dos formas: convección natural y convección forzada.

En la **convección natural**, el fluido circula alrededor de una fuente de calor, se vuelve menos denso y se eleva. Entonces en los alrededores, el fluido más frío se mueve para remplazarlo. Este fluido frío es entonces calentado y el proceso continúa, formando la convección. La fuerza impulsora de la convección natural es la flotabilidad, como resultado de las diferencias en la densidad del fluido cuando la gravedad o cualquier otro tipo de aceleración está presente en el sistema.

La **convección forzada**, en contraste, ocurre cuando bombas, ventiladores u otros mecanismos son usados para impulsar el fluido y crear una convección artificialmente inducida.

La transferencia de calor por convección forzada se denomina a veces advección de calor, o a veces solo advección para simplificar. Pero la advección es un proceso más general, y en la advección de calor, la sustancia que está siendo "adveccionada" en el campo del fluido es simplemente calor (En vez de masa, la cual es el otro componente natural en dichas situaciones, como la transferencia de masa y la transferencia de calor comparten generalmente las mismas ecuaciones).

En algunos sistemas de transferencia de calor, tanto la convección forzada como la natural contribuyen significativamente al índice de transferencia de calor.

Para calcular el índice de convección entre un objeto y su alrededor líquido, los ingenieros emplean el coeficiente convectivo de transferencia de calor, h . A diferencia de la conductividad térmica, el coeficiente convectivo *no* es una propiedad del material. El coeficiente convectivo depende de la geometría, fluido, temperatura, velocidad y otras características del sistema en el cual la convección ocurre. Por lo tanto, el coeficiente convectivo debe ser derivado o encontrado experimentalmente para cada sistema analizado. Las fórmulas y las correlaciones están disponibles en muchas referencias para calcular el coeficiente convectivo para configuraciones y fluidos típicos.

- Radiación: La radiación es la transferencia de calor a través de la radiación electromagnética. Fríos o calientes, todos los objetos emiten radiación a un índice igual a su emisividad multiplicada por la radiación que emitiría si fuera un cuerpo negro. Para que la radiación ocurra no se necesita ningún medio; la radiación incluso ocurre en vacío perfecto. La radiación del Sol viaja a través del vacío del espacio antes de calentar la tierra. Además, la única forma que la energía deje la tierra es que sea emitida a través de radiación hacia el espacio.

Tanto la reflectividad como la emisividad de los cuerpos depende de la longitud de onda. La temperatura determina la longitud de onda y la distribución de la radiación electromagnética esta limitada de acuerdo con la ley de Planck sobre la radiación de un cuerpo negro. Para cualquier cuerpo, la reflectividad depende de la distribución de longitud de onda para la radiación electromagnética entrante, y por ello de la temperatura de la fuente de radiación. Por otro lado, la emisividad depende de la longitud de onda y por lo tanto, de la temperatura del cuerpo mismo. Por ejemplo, la nieve, la cual tiene una alta reflectividad de la luz visible (alrededor de 0.90) parece blanca debido a la luz solar

reflejada con una longitud de onda de alrededor 0.5 micrometros. Su emisividad, sin embargo, a una temperatura de -5°C y longitud de onda de 12 micrómetros, es de 0.99.

Los gases absorben y emiten energía en diferentes longitudes de onda formando patrones característicos para cada gas.

La luz visible es simplemente otra forma de radiación electromagnética con una longitud de onda corta (y una alta frecuencia) que emite radiación. La diferencia entre la luz visible y la radiación de objetos a temperaturas convencionales es pequeña, se podría decir por lo tanto que hay diferentes "colores" de radiación electromagnética.

Aislamiento y barreras de radiación

Los aislantes térmicos son materiales específicamente diseñados para reducir el flujo de calor limitando la conducción, convección o ambos. Las barreras de radiación, son materiales que reflejan la radiación, reduciendo así el flujo de calor de fuentes de radiación térmica. Los buenos aislantes no son necesariamente buenas barreras de radiación, y viceversa. Los metales, por ejemplo, son excelentes reflectores pero muy malos aislantes.

La efectividad de un aislante está indicado por su resistencia (R). La resistencia de un material es el inverso del coeficiente de conducción (k) multiplicado por el grosor (d) del aislante.

Coeficiente de conductividad térmica

El coeficiente de conductividad térmica es una característica de cada sustancia y expresa la magnitud de su capacidad de conducir el calor. Su símbolo es la letra griega λ .

En el Sistema Internacional de Unidades (SI) se mide en vatio / metro \times kelvin ($\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$), en kilocaloría / hora \times metro \times kelvin ($\text{kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}\cdot\text{K})$),

en el sistema técnico y en BTU / hora × pie × Fahrenheit (BTU/(h·ft·°F)), en el sistema anglosajón.

El coeficiente de conductividad térmica expresa la cantidad o flujo de calor que pasa a través de la unidad de superficie de una muestra del material, de extensión infinita, caras plano paralelas y espesor unidad, cuando entre sus caras se establece una diferencia de temperaturas igual a la unidad, en condiciones estacionarias.

Este coeficiente varía con las condiciones del material (humedad que contiene, temperatura a la que se hace la medición), por lo que se fijan condiciones para hacerlo, generalmente para material seco y 15°C (temperatura media de trabajo de los materiales de construcción) y en otras ocasiones, 300 K (26,84 °C).

$$R = \frac{d}{k}, \quad C = \frac{Q}{m\Delta T}$$

La fibra de vidrio rígida, un material aislante usado comúnmente, tiene un valor R de 4 por pulgada, mientras que el cemento, un mal conductor, tiene un valor de 0.08 por pulgada.

Algunos valores típicos de conductividad térmica (λ)

Sustancia	Conductividad Térmica ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
Acero	47 – 58
Agua	0,58
Aire	0,02
Alcohol	0,16
Aluminio	209,3
Cobre	380,4
Madera	0,13
Oro	308

Parafina	0,21
Plomo	35,0
Poliestireno	0,034 – 0,045

Tabla 1.2

La efectividad de una barrera de radiación está indicado por su reflectividad, la cual es una fracción de la radiación reflejada. Un material con una alta reflectividad (en una longitud de onda) tiene una baja absorbitividad, y por consiguiente una baja emisividad. Un reflector ideal tiene un coeficiente de reflectividad igual a 1, lo que significa que refleja el 100% de la radiación entrante. Por otro lado, en el caso de un cuerpo negro, el cual tiene una excelente absorbitividad y emitividad de la radiación térmica, su coeficiente de reflectividad es casi 0. Las barreras de radiación tiene una gran aplicación en ingeniería aeroespacial; la gran mayoría de los satélites usan varias capas aislantes aluminizadas que reflejan la luz solar, lo que permite reducir la transferencia de calor y controlar la temperatura del satélite.

Un intercambiador de calor es un dispositivo construido para intercambiar eficientemente el calor de un fluido a otro, tanto si los fluido están separados por una pared sólida para prevenir su mezcla, como si están en contacto directo. Los cambiadores de calor son muy usados en refrigeración, acondicionamiento de aire, calefacción, producción de energía, y procesamiento químico. Un ejemplo básico de un cambiador de calor es el radiador de un coche, en el que el líquido de radiador caliente es enfriado por el flujo de aire sobre la superficie del radiador.

Las disposiciones más comunes de cambiadores de calor son flujo paralelo, contracorriente y flujo cruzado. En el flujo paralelo, ambos fluidos se mueven en la misma dirección durante la transmisión de calor; en contracorriente, los fluidos se mueven en sentido contrario y en flujo cruzado los fluidos se mueven formando un ángulo recto entre ellos. Los

tipos más comunes de cambiadores de calor son de carcasa y tubos, de doble tubo, tubo extruido con aletas, tubo de aleta espiral, tubo en U, y de placas.

Equilibrio térmico: Se dice que los cuerpos en contacto térmico se encuentran en equilibrio térmico cuando no existe flujo de calor de uno hacia el otro. Esta definición requiere además que las propiedades físicas del sistema, que varían con la temperatura, cambien con el tiempo. Algunas propiedades físicas que varían con la temperatura son el volumen, la densidad y la presión.

El parámetro termodinámico que caracteriza el equilibrio térmico es la temperatura. Cuando dos cuerpos se encuentran en equilibrio térmico, entonces estos cuerpos tienen la misma temperatura.

- Ley cero de la termodinámica

El equilibrio termodinámico de un sistema se define como la condición del mismo en el cual las variables empíricas usadas para definir un estado del sistema (presión, volumen, campo eléctrico, polarización, magnetización, tensión lineal, tensión superficial, entre otras) no son dependientes del tiempo. A dichas variables empíricas (experimentales) de un sistema se les conoce como coordenadas termodinámicas del sistema.

A este principio se le llama del equilibrio termodinámico. Si dos sistemas A y B están en equilibrio termodinámico, y B está en equilibrio termodinámico con un tercer sistema C, entonces A y C están a su vez en equilibrio termodinámico. Este principio es fundamental, aun siendo ampliamente aceptado, no fue formulado formalmente hasta después de haberse enunciado las otras tres leyes. De ahí que recibe la posición 0.

CAPITULO II

DISEÑO ELECTRÓNICO

En el este capítulo se verán los pasos, con los cuales se procede a diseñar el circuito electrónico que controlará el sistema de refrigeración, se verá el dimensionamiento de la fuente de poder para el sistema utilizando los valores de consumo del elemento de potencia principal, es decir su corriente y capacidad de enfriamiento; más los elementos de control, adicionalmente se establece ventajas y desventajas de los tipos de fuentes de voltaje más comunes.

Las facilidades de los circuitos integrados especializados como por ejemplo el lm35, sensor de temperatura

El manejo de los LCD y sus facilidades con respecto al los display de 7 segmentos, el entorno del software para la programación del microcontrolador ATMEGA 48 encargado del control del equipo.

EL dimensionamiento de los elementos de potencia que controlaran la carga, esto son los transistores.

2.1 Dimensionamiento de la fuente de poder

En electrónica, una fuente de alimentación es un dispositivo que convierte la tensión alterna de la red de suministro, en una o varias tensiones, prácticamente continuas, que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta (computador, televisión, impresora, router, equipos médicos), las fuentes de alimentación, para dispositivos electrónicos, pueden clasificarse básicamente como fuentes de alimentación lineales y conmutadas. Las lineales tienen un diseño relativamente simple, que puede llegar a ser más complejo cuanto mayor es la corriente que deben suministrar. Una fuente conmutada, de la misma potencia que una lineal, será más pequeña y normalmente más eficiente pero será más compleja y por tanto más susceptible a averías.

Las fuentes lineales siguen el esquema: transformador, rectificador, filtro, regulación y salida. En primer lugar el transformador adapta los niveles de tensión y proporciona aislamiento galvánico. El circuito que convierte la corriente alterna en continua se llama rectificador, después suelen llevar un circuito que disminuye el rizado como un filtro de condensador. La regulación, o estabilización de la tensión a un valor establecido, se consigue con un componente denominado regulador de tensión. La salida puede ser simplemente un condensador.

Las fuentes conmutadas tienen por esquema: rectificador, conmutador, transformador, otro rectificador y salida. La regulación se obtiene con el conmutador, normalmente un circuito PWM (Pulse Width Modulation) que cambia el ciclo de trabajo. Aquí las funciones del transformador son las mismas que para fuentes lineales pero su posición es diferente. El segundo rectificador convierte la señal alterna pulsante que llega del transformador en un valor continuo. La salida puede ser también un filtro de condensador o uno del tipo LC.

Las ventajas de las fuentes lineales son una mejor regulación. Por otra parte las conmutadas obtienen un mejor rendimiento, menor costo y tamaño.

Para el dimensionamiento de la fuente de poder se debe considerar algunos parámetros que a continuación se describen.

Establecemos condiciones críticas del producto a ser transportado, como por ejemplo la temperatura máxima que el fabricante recomienda, la capacidad máxima en volumen del equipo, y un tiempo prudencial para lograr bajar la temperatura del producto al rango (2 a 8 °C) requerido para conservar su estabilidad por tanto su calidad.

Condiciones críticas

El producto a transportar tiene una densidad menor a la del agua, pero para facilidad de cálculos asumiremos este dato como si fuera del agua misma.

Célula Peltier disponible: 50 W; 4.5 A

Temperatura 10°C, $\Delta T = 6^\circ\text{C}$ (10°C es la máxima temperatura que el fabricante recomienda por pocos minutos) temperatura recomendable 4°C

Potencia 50 W

Tiempo 3600 segundos (60 minutos)

Calor específico del agua = $C_p = 4185.5 \text{ J/kg.}^\circ\text{C}$

Dada la ecuación 1.4

$$P = Q/t$$

Despejando Q, se tiene que $Q = 18000 \text{ J}$

$$Q = mc_p\Delta T$$

Despejando m , utilizando el C_p del agua se tiene:

$$m = Q/C_p * \Delta T [\text{Kg}]$$

$$m = 7,16 [\text{Kg}]$$

Siendo que el sistema funciona a 12 voltios, necesitamos para el equipo un suministro de energía de 12 voltios, 5 amperios para la parte de potencia, pero para la parte del control, sensado e indicación de temperatura, necesitamos una fuente de voltaje de 5 voltios, los cuales son obtenidos de las fuente de 12 v como es lógico con un integrado 78LS05 (regulador de voltaje) como se muestra a continuación:

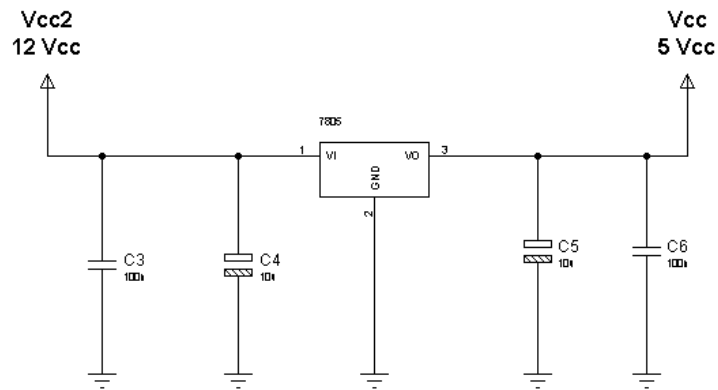


FIGURA 2.1

2.2 Diseño y construcción del circuito acondicionador

Sensor de temperatura

Ya que la temperatura es una variable inercial, que en este sistema cambia lentamente, se utiliza el integrado LM35, que tiene la característica de medir temperatura en grados Centígrados en un rango de 0°C a 150°C dando una señal lineal de 10mV/°C y es de fácil conexión

Características

- Calibrada directamente en ° Celsius (centígrado)
- Lineal a 10,0 mV / ° factor de escala C
- 0,5 ° C precisión disponibles (a 25 ° C)
- Clasificado para la gama completa -55 a 150 °C
- Adecuado para aplicaciones remotas
- Bajo costo debido a la oblea de poda de nivel
- Funciona de 4 a 30 voltios
- Menor consumo de corriente de 60 mA
- Baja auto-calentamiento, 0,08 ° C en el aire en calma
- no linealidad sólo +/- 1/4 ° C típico
- la salida de baja impedancia, 0,1 Ω para la carga de 1 mA

Además como se verá en lo posterior se escogió un microcontrolador que tiene la capacidad de reconocer la señal del sensor de temperatura directamente, ya que está provisto de un conversor análogo digital de 10 bits, suficiente como para recopilar la información suministrada por el sensor.

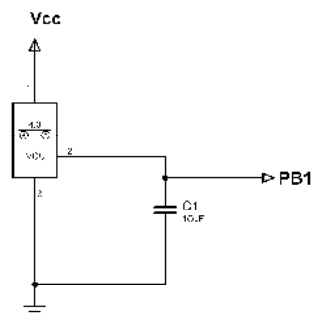


FIGURA 2.2

2.3 Programación del microcontrolador

Para la programación del microcontrolador, se utiliza el programa BASCOM enfocado para microcontroladores AVR, a continuación las características del programa

CARACTERISTICAS:

- **BASIC** estructurado con etiquetas.
- Programación estructurada con sentencias IF-THEN-ELSE-END IF, DO-LOOP, WHILE-WEND, SELECT- CASE.
- Generación de código máquina nativo en lugar de código interpretado.
- Bit, Byte, Entero, Word, Largo, y variables tipo String .
- Los programas compilados trabajan con todos los microprocesadores (no-MEGA) de AVR que tienen memoria interior. La Prof.-edición apoyará la serie de MEGA también. Puesto que los 1200 no tienen SRAM, no funcionará con los 1200.
- Las instrucciones y comandos de este BASIC son bastante similares a las del Visual Basic y QuickBASIC de Microsoft.
- Comandos específicos para el manejo de displays **LCD**, integrados **I2C** e integrados **1WIRE Chips**, teclado de PC, teclado de matriz, recepción **RC5**, software UART. SPI, LCD Gráficos, envío de IR RC5 o código Sony.
- Soporta variables locales, uso de funciones, y librerías
- Emulador terminal integrado con opción de download.
- Simulador integrado por probar..
- Programador de ISP integrado (aplicación nota AVR910.ASM). se agregarán Otros programadores por pedido.
- Editor con subrayador de sentencias.
- Ayuda ON LINE en el editor.

Soporta Las siguientes declaraciones:

COMANDOS E INSTRUCCIONES:

De estructura y condicionales

IF, THEN, ELSE, ELSEIF, END IF, DO, LOOP, WHILE, WEND, UNTIL,

EXIT DO, EXIT WHILE, FOR, NEXT, TO, DOWNT, STEP, EXIT FOR, ON .. GOTO/GOSUB, SELECT, CASE.

De entrada/salida

PRINT, INPUT, INKEY, PRINT, INPUTHEX, LCD, UPPERLINE, LOWERLINE, DISPLAY ON/OFF, CURSOR ON/OFF/BLINK/NOBLINK, HOME, LOCATE, SHIFTLCD LEFT/RIGHT, SHIFTCURSOR LEFT/RIGHT, CLS, DEFLCDCHAR, WAITKEY, INPUTBIN, PRINTBIN, OPEN, CLOSE, DEBOUNCE, SHIFTIN, SHIFTOUT, GETATKBD, SPC

Funciones numéricas

AND, OR, XOR, INC, DEC, MOD, NOT, ABS, BCD, LOG, EXP, SQR, SIN, COS, TAN, ATN, ATN2, ASIN, ACOS, FIX, ROUND, MOD, SGN, POWER, RAD2DEG, DEG2RAD, LOG10, TANH, SINH, COSH.

12C

I2CSTART, I2CSTOP, I2CWBYTE, I2CRBYTE, I2CSEND and I2CRECEIVE.

1WIRE

1WWRITE, 1WREAD, 1WRESET, 1WIRECOUNT, 1WSEARCHFIRST, 1WSEARCHNEXT

SPI

SPIINIT, SPIIN, SPIOUT, SPIMOVE

Gestión de interrupciones

ON INT0/INT1/TIMER0/TIMER1/SERIAL, RETURN, ENABLE, DISABLE, COUNTER_x, CAPTURE_x, INTERRUPTS, CONFIG, START, LOAD.

Manipulación de bits

SET, RESET, ROTATE, SHIFT, BITWAIT, TOGGLE.

Variables

DIM, BIT, BYTE, INTEGER, WORD, LONG, SINGLE, STRING, DEFBIT, DEFBYTE, DEFINT, DEFWORD.

Varios

REM, ', SWAP, END, STOP, CONST, DELAY, WAIT, WAITMS, GOTO, GOSUB, POWERDOWN, IDLE, DECLARE, CALL, SUB, END SUB, MAKEDEC, MAKEBCD, INP, OUT, ALIAS, DIM, ERASE, DATA, READ, RESTORE, INCR, DECR, PEEK, POKE, CPEEK, FUNCTION, READMAGCARD, BIN2GREY, GREY2BIN, CRC8, CRC16, CHECKSUM.

Directivas

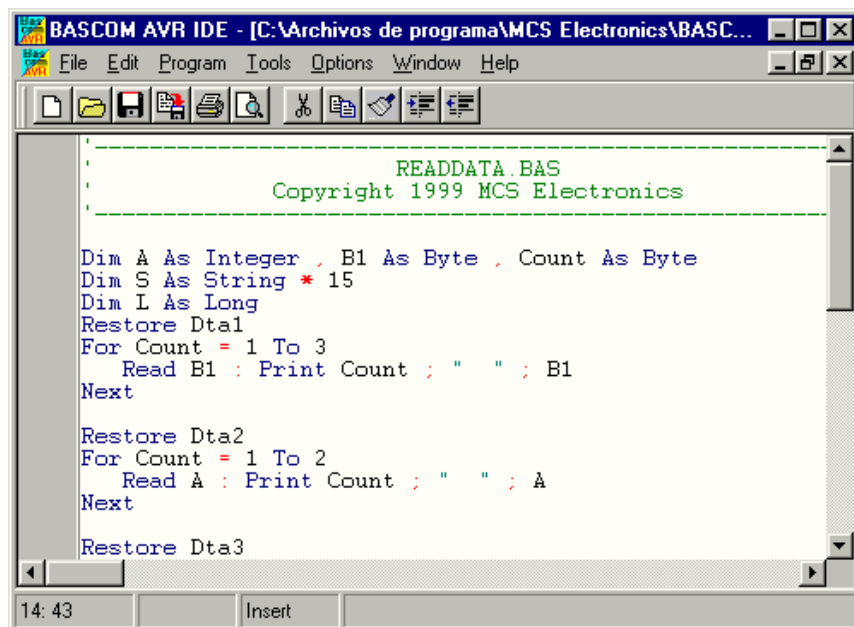
\$INCLUDE, \$BAUD and \$CRYSTAL, \$SERIALINPUT, \$SERIALOUTPUT, \$RAMSIZE, \$RAMSTART, \$DEFAULT XRAM, \$ASM-\$END ASM, \$LCD, \$EXTERNAL, \$LIB.

Cadenas

STRING, SPACE, LEFT, RIGHT, MID, VAL, HEXVAL, LEN, STR, HEX, LTRIM, RTRIM, TRIM, LCASE, UCASE, FORMAT, FUSING, INSTR.

Y muchas otras funciones, declaraciones y directivas.

A continuación se muestra el entorno de programa:



En él se muestra la declaración de variables de diferentes tipos, y un lazo cerrado

Para la elaboración del programa, debemos considerar el tamaño del microcontrolador a usarse, es decir, salidas, entradas, tamaño de memoria, etc.

Consideremos las salidas para los diferentes elementos del equipo que parten del microcontrolador.

1. Display : 7 pines

PD0, PD1, PD2, PD3, PD4, PD5, PD6

2. Circuito de potencia : 2 pines

PB1, PB3,

Ahora consideremos las entradas:

1. Entradas de medición de temperatura: 2 pines

PC5, PC4

2. Entradas de seteo de temperatura: 2

PB4, PB5

3. Sensor de tapa : 1 pin

PB6

En total nos dan 14 pines para el manejo del equipo, considerando que dos entradas son analógicas, con esto el micro más cercano y que posee PWM, y ADC es el ATmega 48.

Características

- Alto rendimiento, bajo consumo
- Arquitectura Advanced Risc
 - 131 instrucciones de gran alcance

- 32 x 8 registros de trabajo de propósito general
- Operación totalmente estática
- Programa y datos de memoria no volátiles
 - 4/8/16K bytes de memoria flash programable (ATMEGA 48/88/168)
 - Duración 10000 ciclos de borrado y grabado
 - Opción de bit de bloqueo
 - 256/512/512 bytes EEPROM (ATMEGA 48/88/168)
 - Duración 100000 ciclos de borrado y grabado
 - 512/1K/1K de memoria SRAM (ATMEGA 48/88/168)
 - Bloqueo de programación por software
- Características de periféricos
 - Dos timer/counter de 8bit y distintos prescaler y tiempos de comparación
 - Un timer/counter de 16bit con distintos prescaler, modo de comparación, y modo de captura
 - Contador en tiempo real con oscilador separado
 - 6 canales PWM
 - 6 canales de 10 bit ADC
 - Serial USART programable
- Características especiales del microcontrolador
 - Oscilador interno calibrable
 - Fuentes de interrupción externas e internas
 - 5 modos de espera
- Voltaje de operación
 - 2.7 – 5.5V para (ATMEGA 48/88/168)

- Grado de velocidad
 - (ATMEGA 48/88/168): 0 – 12 MHz @ 2.7 – 5.5V, 0 – 24 MHz @ 4.5 – 5.5V,

Elegido el microcontrolador se seleccionan los demás dispositivos que irán en el circuito.

El indicador que mostrará la temperatura es un LCD, de 8 x 2, Antes de aparecer los módulos LCD, los diseños electrónicos utilizaban los Displays de siete segmentos para poder mostrar la información, además de su gran limitación de poder mostrar los caracteres alfa numéricos y símbolos especiales, también consumían demasiada corriente y ocupaban demasiado espacio físico. Posteriormente aparecieron otros tipos de displays más complejos que podían mostrar algunos caracteres y símbolos; pero tenían de igual manera mucho consumo de corriente y espacio físico desperdiciado.

Aparecieron los módulos LCD o pantallas de cristal líquido la cual tiene la capacidad de mostrar cualquier carácter alfa numérico. Estos dispositivos ya vienen con su pantalla y toda la lógica de control pre-programada en la fábrica y lo mejor de todo es que el consumo de corriente es mínimo y no se tendrán que organizar tablas especiales como se hacía anteriormente con los displays de siete segmentos.

Las aplicaciones de los módulos LCD son infinitas ya que podrán ser aplicados en la informática, comunicaciones, telefonía, instrumentación, robótica, automóviles, equipos industriales, etc. Todo queda a su imaginación la gran cantidad de aplicaciones que tiene un modulo LCD.

En la actualidad los módulos LCD existen una gran variedad de versiones clasificados en dos grupos. El primer grupo está referido a los módulos LCD de caracteres (solamente se podrán presentar caracteres y símbolos especiales en las líneas predefinidas en el modulo LCD) y el segundo grupo está referido a los módulos LCD matriciales (Se podrán presentar caracteres, símbolos especiales y gráficos). Los módulos LCD varían su tamaño físico dependiendo de la marca;

por lo tanto en la actualidad no existe un tamaño estándar para los módulos LCD.

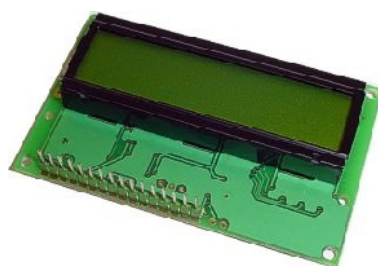


FIGURA 2.3

Otro patrón importante es el tamaño de los caracteres donde las dimensiones de la matriz que forma los caracteres tienen longitudes diferentes. Para poder representar un símbolo o un carácter alfa numérico en un módulo LCD se define como una matriz de 5 puntos de largo por 7 puntos de ancho.

Los primeros módulos LCD tenían los caracteres de color negro y el fondo de la pantalla era de color verdoso claro. Posteriormente se crearon otros colores en donde los caracteres eran de color plata y así sucesivamente fueron variando los colores en el fondo y en los caracteres incluyendo una luz posterior para los módulos LCD denominada Back Light diseñada especialmente para mejorar la visualización de la pantalla sobre todo en lugares muy oscuros.

Los pines de conexión de un módulo LCD han sido estandarizados por lo cual en la mayoría de ellos son exactamente iguales siempre y cuando la línea de caracteres no sobrepase los ochenta caracteres por línea. Por otro lado es de suma importancia localizar exactamente cual es el pin Numero 1 ya que en algunos módulos se encuentra hacia la izquierda y en otros módulos se encuentra a la derecha.

Pin N-.	Sismología	Nivel	I/O	Función
1	VSS	-	-	0 Vlts. Tierra (GND).

2	VCC	-	-	+ 5 Vlts. DC.
3	Vee = Vc	-	-	Ajuste del Contraste.
4	RS	0/1	I	0= Escribir en el modulo LCD. 1= Leer del modulo LCD
5	R/W	0/1	I	0= Entrada de una Instrucción. 1= Entrada de un dato.
6	E	1	I	Habilitación del modulo LCD
7	DB0	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 1 (LSB).
8	DB1	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 2
9	DB2	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 3
10	DB3	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 4
11	DB4	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 5
12	DB5	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 6
13	DB6	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 7
14	DB7	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 8 (MSB).
15	A	-	-	LED (+) Back Light
16	K	-	-	LED (-) Back Light.

TABLA 2.1

Descripción

El Pin número 1 y 2 están destinados para conectarle los 5 Voltios que requiere el modulo para su funcionamiento 1 GND y 2 +5V y el Pin número 3 es utilizado para ajustar el contraste de la pantalla; es decir colocar los caracteres

más oscuros o más claros para poderse observar mejor y para este se conecta un potenciómetro de 10 k entre el pin 1 y 2 y el pin variable del potenciómetro va al terminal 3 del LCD.

El Pin número 4: denominado "RS" trabaja paralelamente al Bus de datos del modulo LCD (Bus de datos son los Pines del 7 al 14). Este bus es utilizado de dos maneras, ya que usted podrá colocar un dato que representa una instrucción o podrá colocar un dato que tan solo representa un símbolo o un carácter alfa numérico; pero para que el modulo LCD pueda entender la diferencia entre un dato o una instrucción se utiliza el Pin Numero 4 para tal fin.

Si el Pin número 4 = 0 le dirá al modulo LCD que está presente en el bus de datos una instrucción, por el contrario, si el Pin numero 4 = 1 le dirá al modulo LCD que está presente un símbolo o un carácter alfa numérico.

El Pin numero 5: denominado "R/W" trabaja paralelamente al Bus de datos del modulo LCD (Bus de datos son los Pines del 7 al 14). También es utilizado de dos maneras, ya que usted podrá decirle al modulo LCD que escriba en pantalla el dato que está presente en el Bus; por otro lado también podrá leer que dato está presente en el Bus.

Si el Pin número 5 = 0 el modulo LCD escribe en pantalla el dato que está presente el Bus; pero si el Pin numero 5 = 1 significa que usted necesita leer el dato que está presente el bus del modulo LCD.

El Pin numero 6: denominado "E" que significa habilitación del modulo LCD tiene una finalidad básica: conectar y desconectar el modulo. Esta desconexión no estará referida al voltaje que le suministra la corriente al modulo; la desconexión significa tan solo que se hará caso omiso a todo lo que este presente en el bus de datos de dicho modulo LCD.

En la mayoría de los circuitos electrónicos modernos que incluyan elementos electrónicos como Microcontroladores, Memorias y Módulos LCD, utilizan el mismo bus de datos. Esto es para no tener un bus de datos independientemente por cada elemento electrónico, esto implicaría que los circuitos electrónicos sean

mucho más grandes por la cantidad de conexiones necesaria a cada uno de los elementos.

Ahora como los Microcontroladores, memorias y módulos LCD utilizan el mismo bus de datos, deberá existir en cada uno de ellos un Pin de habilitación "E" que permita desconectar y conectar cuando sea necesario. Por ejemplo si usted necesita trabajar con la memoria RAM para obtener o escribir cierta información, será necesario que deshabilite el modulo LCD para que no presente basura en la pantalla, o se ejecuten instrucciones no deseadas.

Los Pines desde el número 7 hasta el numero 14 representan 8 líneas que se utilizan para colocar el dato que representa una instrucción para el modulo LCD o un carácter alfa numérico. El Bus de datos es de 8 Bits de longitud y el Bit menos significativo está representado en el Pin numero 7, el Pin más significativo está representado en el Pin numero 14

Los Pines 15 y 16: estarán destinados para suministrar la corriente al Back Light. Es importante conocer que no todos los módulos LCD disponen del Back Light aunque tenga los pines de conexión en el circuito impreso.

Tiempos mínimos requeridos para que una instrucción o un dato puedan ser ejecutados.

Los Pines de control (E, RS y E/W) están estrechamente relacionados ya que por medio de ellos podemos especificar si queremos ejecutar una instrucción o leer / escribir un dato en la pantalla o la memoria RAM; sin embargo existe una condición importante que deberá tomarse en cuenta referida directamente al tiempo necesario que se necesita para cambiar de un estado a otro en los pines de control. (E, RS y R/W). En el caso de que este tiempo sea mas pequeño que el tiempo mínimo requerido, entonces el modulo LCD no tendrá el tiempo suficiente para responder a las instrucciones solicitadas por el usuario y por consecuencia se perderán los datos o instrucciones según sea el caso.

En otras palabras, las personas suelen cometer un error común cuando se esta intentando hacer funcionar un modulo LCD en el cual no consideran la velocidad de proceso del microprocesador o el microcontrolador

específicamente en los pines de control (E, RS y R/W), esto quiere decir que si usted tuviera conectado un modulo LCD a un microcontrolador que tiene una velocidad de proceso demasiado alta en los pines de control, cuando se ejecuta una solicitud de cualquier tipo (escritura / lectura e Instrucción.), el modulo LCD no tendrá la capacidad de entender la solicitud hecha por el microcontrolador ya que esta se ejecuto demasiado rápida. Para ello los programas o los circuitos electrónicos que manejan un modulo LCD deberán respetar los siguientes diagramas de tiempo

Diagrama de tiempo para una Instrucción:

Para enviarle una instrucción al modulo, primero hay que colocar la instrucción en el bus de datos (Pines del 7 al 14). Una vez que esta presente la instrucción en el bus de datos se procede a ejecutar el diagrama de tiempo requerido para una instrucción en los pines de control. Este diagrama de tiempo es muy sencillo de entender, tan solo usted deberá colocar el Pin RS = 0, el Pin R/W = 0 y el Pin E = 0; Una vez colocados los pines con las tensiones mencionadas, proceda a cambiar el estado del Pin E = 1. El nuevo estado de este Pin "E" deberá permanecer por lo menos 450 ns antes de volver a cambiar de estado para que la pantalla pueda entender la instrucción.

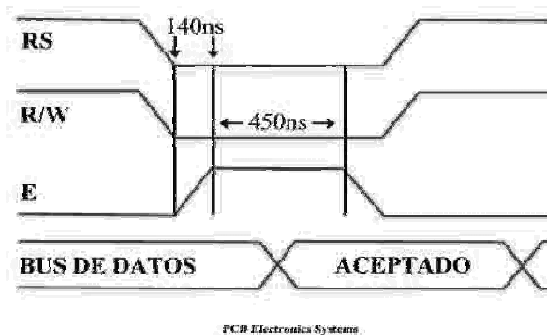


FIGURA 2.4

Diagrama de tiempo para escribir un dato:

Para escribir un dato en el modulo LCD, primero hay que colocar el dato en el bus (Pines del 7 al 14). Una vez que está presente el dato en el bus se procede a ejecutar el diagrama de tiempo requerido para escribir un dato en los pines de

control. Este diagrama de tiempo es muy sencillo de entender, tan solo usted deberá colocar el Pin RS = 1, el Pin R/W = 0 y el Pin E = 0; Una vez colocados los pines con las tensiones mencionadas, proceda a cambiar el estado del Pin E = 1. El nuevo estado de este Pin "E" deberá permanecer por lo menos 450 ns antes de volver a cambiar de estado para que la pantalla pueda entender la instrucción.

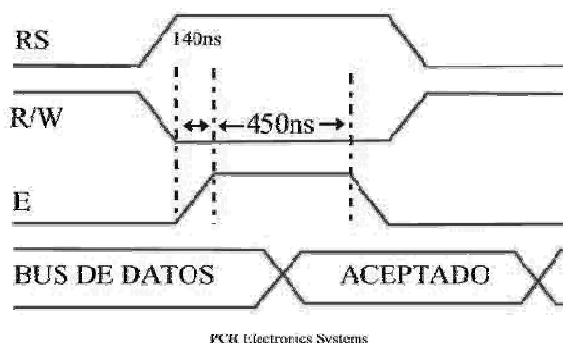


FIGURA 2.5

Diagrama de tiempo para leer un dato

Para leer un dato de la pantalla o la memoria RAM en el modulo LCD, los pines de control deberán estar colocados como sigue: Pin RS = 1, Pin R/W = 1 y el Pin E = 0. Una vez colocados los pines con las tensiones mencionadas, proceda a cambiar el estado del Pin E = 1. El nuevo estado de este Pin "E" deberá permanecer por lo menos 450 ns antes de volver a cambiar de estado para que la pantalla pueda entender la instrucción.

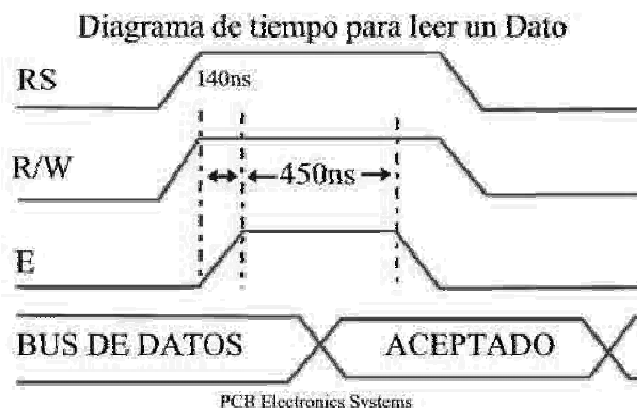


FIGURA 2.6

Nótese que en los tres diagramas de tiempos el Pin denominado como "E" tiene que estar previamente en el estado lógico "CERO", posteriormente se cambia el estado lógico a "UNO" la cual permanecerá por lo menos unos 450 nano segundos y finalmente vuelve al estado lógico "CERO", en el preciso momento que el Pin "E" del modulo LCD tiene el flanco de bajada, es cuando se ejecuta la instrucción o el dato presente en el bus de control.

Bus de Datos de 4 y 8 Bits de Longitud

El Bus de datos de un modulo LCD puede ser configurado para trabajar con 4 Bits y con 8 Bits. Para los diseños electrónicos que están limitados por la cantidad de líneas utilizadas en el Bus de datos, podrán utilizar un bus de datos con una longitud de 4 Bits; sin embargo si este no fuera su caso, podrá utilizar el bus de datos completo de 8 Bits. Las señales de control (RS - R/W - E) y los diagramas de tiempo explicados anteriormente, trabajan igual sea para un bus de datos de 4 Bits o de 8 Bits. Sin embargo, si usted esta interesado en trabajar el bus de datos con una longitud de 8 Bits, deberá saber que cuando se enciende el modulo LCD la configuración para 8 Bits entra por defecto; es decir que no necesitara programarse, pero la configuración del bus de datos con una longitud de 4 Bits requiere una secuencia cuidadosa de instrucciones previas inmediatamente después de encender el modulo LCD.

Una vez seleccionado el microcontrolador y los demás elementos junto con sus características se procede a crear el algoritmo pertinente para las condiciones de control, condiciones de protección para la célula peltier y del sistema en general, según la descripción del funcionamiento del sistema:

El sistema de conservación de temperatura dispone de una célula termoelectrica que extraerá el calor de la cámara del contenedor mediante intercambiadores y disipadores de calor, el sistema dispondrá de un indicador LCD en el cual se desplegará o se visualizará la temperatura interna de la cámara, y el valor de referencia dispuesto por el usuario (2 a 8 °C) que servirá para un caso critico, es decir que el producto a ser almacenado se encuentre fuera del rango de temperatura recomendado por el fabricante $T > 10^{\circ}\text{C}$ setearlo a la mínima

temperatura, además en el indicador se podrán ver mensajes del estado del sistema, los cuales serán: tapa abierta (lid open) y sobre temperatura en disipador externo (error turn - off), en el caso que este último mensaje se despliegue el sistema entrara en un estado de alarma, en la cual el circuito de potencia saldrá de funcionamiento, hasta que el usuario reinicie el sistema. Además el control del sistema dispondrá de un lazo de control proporcional para economizar el consumo de energía, cuando el producto a ser transportado se encuentre en la temperatura seteada por el usuario

En el funcionamiento del sistema, en el momento de abrir la tapa del contenedor, el intercambiador interno de aire, se detendrá para evitar la ganancia de calor dentro de la cámara, y se volverá a encender cuando la tapa este cerrada, para el funcionamiento del sistema podemos conectarnos 12 Vdc, (toma existente en los vehículos que generalmente es el encendedor de cigarrillos) ó a una toma eléctrica en un voltaje de 100 a 220 Vac, (voltajes muy comunes en nuestro medio).

Para el establecimiento de la temperatura de la cámara interna se ubicara junto al LCD dos pulsadores con los cuales se podrá elegir la temperatura deseada dentro del rango permitido.

El equipo, dadas la tecnología termoelectrica puede estar encendido largo tiempo, siempre y cuando el sistema de ventilación exterior no esté obstruido, y a más de la limpieza interna de la cámara no necesita mantenimiento periódico, y el mantenimiento consistirá en verificar ajustes de temperatura, funcionamiento de pulsadores, sensores y revisión de partes móviles como son los ventiladores.

El sensor utilizado nos da un voltaje de $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$, es fácil captar esa señal con el microcontrolador, y a base de unas pocas líneas de programación transformar ese voltaje leído en grados centígrados desplegados en la pantalla y que sirven para el cálculo de la salida de control para la parte de potencia.

Simplemente para saber la temperatura, a la variable capturada por el micro, la multiplicamos por el factor o constante en este caso 500/1023, esta constante resulta de una fácil deducción la cual es que al nivel máximo de la entrada

analógica que es 5 voltios, es decir 500 °C, según la característica del sensor (10mV/°C) y como sabemos que el ADC del microcontrolador es de 10 bits tenemos 1024 partes, así pero solo con un valor de 1023; y que de la regla de tres resultante tenemos la constante antes mencionada.

Para la programación del control del sistema, hacemos que la salida este al 100% del valor para temperaturas mayores a 8°C, ya que el producto debe estar a esta temperatura y con la salida al 100% hacemos que el tiempo de acondicionamiento de la temperatura sea la menor.

Para temperaturas menores a 8 °C, hacemos un control proporcional, el cual está definido por una constante la cual multiplicada por el mayor error mayor entre el valor seteado y el valor medido, nos da la máxima salida es decir 100% del PWM

La constante la determinamos dividiendo el valor máximo del pwm para el valor del error máximo.

$$\text{Constante} = 100\% / (T2 - SP)$$

$$\text{Constante} = 1023 / (8 - 2)$$

$$\text{Constante} = 170$$

Entonces la salida del pwm:

$$\text{Salida} = E * K$$

Esta ecuación la introducimos en la programación y se generara el control.

Para el sensor del disipador, encontramos el valor digital correspondiente al valor máximo de temperatura del disipador, antes que la celda termoelectrica se averíe, para este sensado usaremos el integrado lm35, el cual según su hoja técnica, tenemos como lectura 10mV/°C, así que en 60°C tenemos 0,65 voltios, en valor digital, es 122, el cual ponemos como una condición básica para que el sistema funcione.

Circuito de control

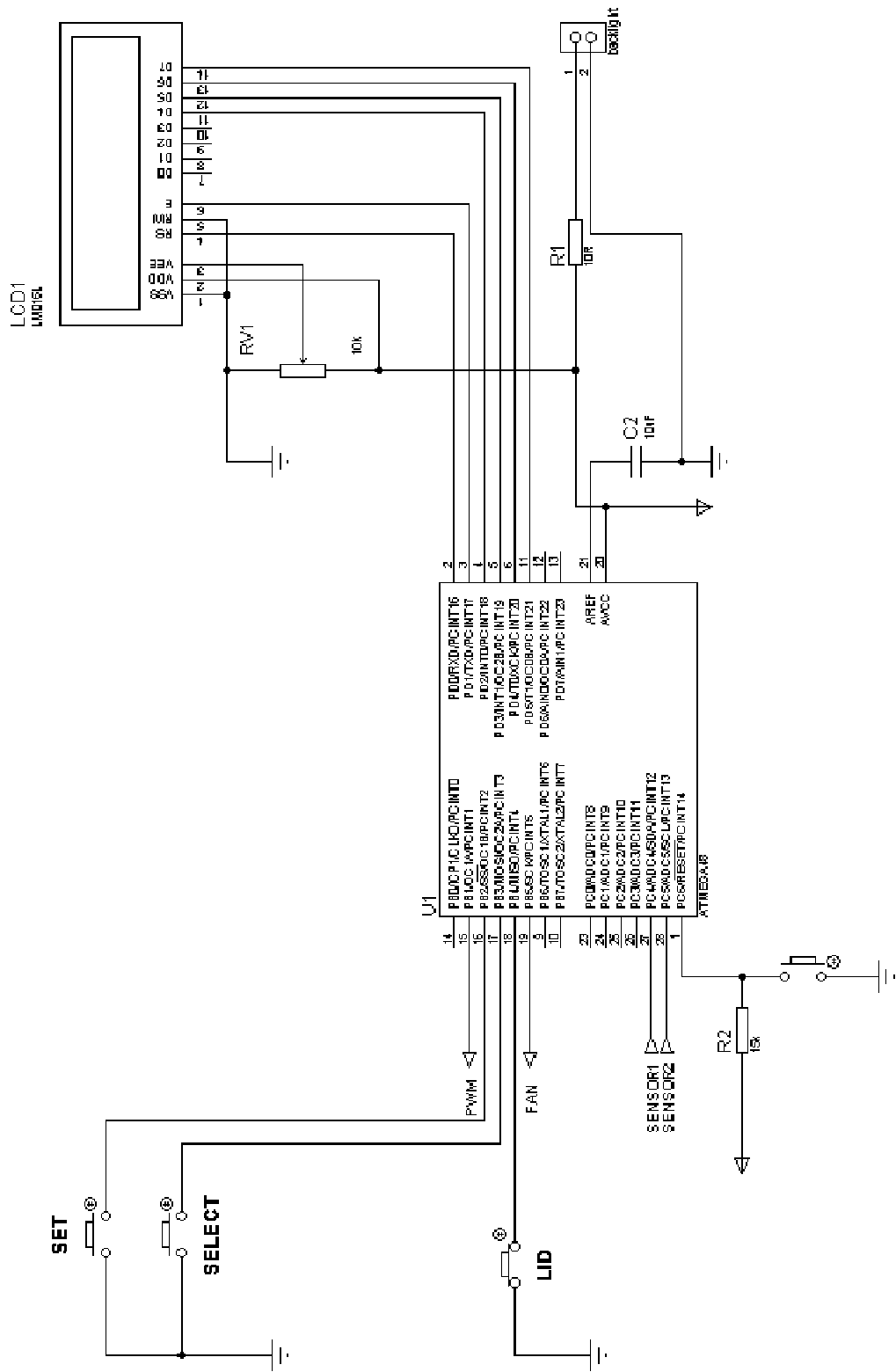
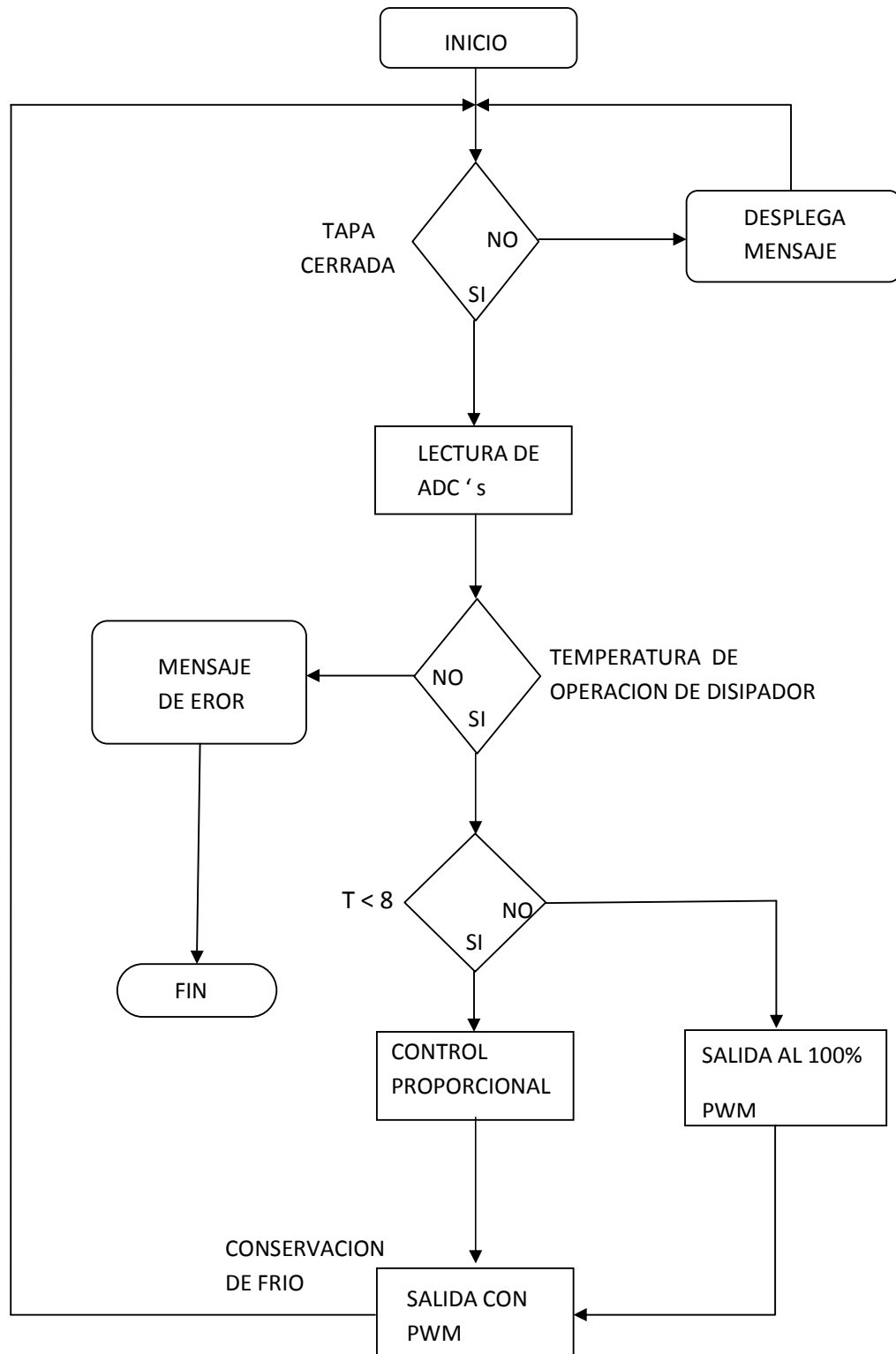


FIGURA 2.7

DIAGRAMA DE FLUJO



A continuación con las consideraciones antes dispuestas elaboramos el programa para el funcionamiento del sistema.

\$crystal = 8000000

Dim A As Word , T As Single , V As Word , Sp As Word , Aux As Word , Aux1 As Word

Dim Spp As Word , L As Word

Dim Z As String * 10

Config Timer1 = Pwm , Pwm = 10 , Compare A Pwm = Clear Down , Compare B Pwm = Clear Up , Prescale = 8

Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc

Ddrb.2 = 0 'CONFIGURACION DE PUERTOS

Portb.2 = 1

Ddrb.3 = 0

Portb.3 = 1

Ddrb.4 = 0

Portb.4 = 1

Ddrb.5 = 1

Portb.5 = 0

Set_ Alias Pinb.2 'NOMBRAR PUERTOS

,

Incr_ Alias Pinb.3

Lid Alias Pinb.4

Fan Alias Portb.5

Start Adc 'ACTIVAR CONVERTOR ANALOGO
DIGITAL

Cls 'LIMPIAR LCD

Cursor Off	
Spp = 0	
Locate 1 , 1	'ESCRIBE EN LA PRIMERA LINEA
Lcd " THERMO "	
Locate 2 , 1	' ESCRIBE EN LA SEGUNDA LINEA
Lcd "PELTIER "	
Waitms 1000	
Cls	
Do	
A = Getadc(5)	'LEE LA ENTRADA ANALOGICA
L = Getadc(4)	
'L = 100	
T = A / 1.89	'CONVIERTE EL VALOR LEIDO EN
GRADOS CENTIGRADOS	
Z = Str(t)	
Z = Fusing(t , "#.&")	'RESTINGE DECIMALES
If Set_ = 0 Then Gosub Setar	
If Lid = 0 Then Gosub Mensaje	'CONDICIONA PARA EL
FUNCIONAMIENTO	
If 122 < L Then Gosub Error	
Fan = 1	'ACTIVA SALIDA PROPORCIONAL
Aux = T - Spp	
Aux1 = Aux + 2	
V = Aux1 * 170	
If 1023 < V Then V = 1022	
Pwm1a = V	
Cls	'
Locate 1 , 3	

Lcd "TEMP:"
TEMPERATURA

'MUESTRA EL VALOR DE LA

Locate 2 , 2
Lcd Z ; " C"

Locate 1 , 9
Lcd V

Waitms 200
Loop

End

Setar:

Cls
REFERENCIA

'SUBROUTINA QUE SETEA EL VALOR DE

Do
If Incr_ = 0 Then Incr Spp

If Spp = 7 Then Spp = 0
Sp = 2 + Spp

Locate 1 , 1
Lcd "Setpoint"
Locate 2 , 4
Lcd Sp ; " C"
Waitms 50

Loop Until Set_ = 1
Cls
Return

Mensaje:
Cls

Do	'SUBROUTINA QUE INDICA TAPA ABIERTA
Pwm1a = 1022	'Y DESCONECTA INTERCAMBIADOR
INTERNO	
Fan = 0	

Locate 1 , 1
Lcd "!ALERTA!"

Locate 2 , 1
Lcd "OPEN LID"
Waitms 50
Loop Until Lid = 1
Cls
Return

Error:
Cls
CALENTAMIENTO
Do
Pwm1a = 0

'SUBROUTINA QUE INDICA SOBRE

DEL DISIPADOR EXTERNO

Locate 1 , 2
Lcd "-ERROR-"

Locate 2 , 1
Lcd "TURN OFF"
Waitms 50
Loop

2.4 Diseño del circuito de potencia

Transistor Darlington

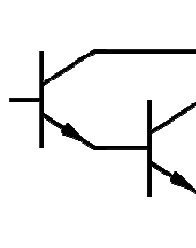


FIGURA 2.8

En electrónica, el transistor Darlington es un dispositivo semiconductor que combina dos transistores bipolares en un tándem (a veces llamado par Darlington) en un único dispositivo.

La configuración (originalmente realizada con dos transistores separados) fue inventada por el ingeniero de los Laboratorios Bell Sidney Darlington. La idea de poner dos o tres transistores sobre un chip fue patentada por él, pero no la idea de poner un número arbitrario de transistores que originaría la idea moderna de circuito integrado.

Comportamiento

Esta configuración sirve para que el dispositivo sea capaz de proporcionar una gran ganancia de corriente (parámetro β del transistor) y, al poder estar todo integrado, requiere menos espacio que dos transistores normales en la misma configuración. La ganancia total del Darlington es el producto de la ganancia de los transistores individuales. Un dispositivo típico tiene una ganancia en corriente de 1000 o superior. También tiene un mayor desplazamiento de fase en altas frecuencias que un único transistor, de ahí que pueda convertirse fácilmente en inestable. La tensión base-emisor también es mayor, siendo la suma de ambas tensiones base-emisor, y para transistores de silicio es superior a 1.2V. La beta de un transistor o par darlington se halla multiplicando las de los transistores

individuales. la intensidad del colector se halla multiplicando la intensidad de la base por la beta total.

$$\beta_{\text{Darlington}} = \beta_1 \cdot \beta_2 + \beta_1 + \beta_2$$

Si β_1 y β_2 son suficientemente grandes, se da que:

$$\beta_{\text{Darlington}} \approx \beta_1 \cdot \beta_2$$

Un inconveniente es la duplicación aproximada de la base-emisor de tensión. Ya que hay dos uniones entre la base y emisor de los transistores Darlington, el voltaje base-emisor equivalente es la suma de ambas tensiones base-emisor:

$$V_{BE} = V_{BE1} + V_{BE2} \approx 2V_{BE1}$$

Para la tecnología basada en silicio, en la que cada V_{BEi} es de aproximadamente 0,65 V cuando el dispositivo está funcionando en la región activa o saturada, la tensión base-emisor necesaria de la pareja es de 1,3 V.

Otro inconveniente del par Darlington es el aumento de su tensión de saturación. El transistor de salida no puede saturarse (es decir, su unión base-colector debe permanecer polarizada en inversa), ya que su tensión colector-emisor es ahora igual a la suma de su propia tensión base-emisor y la tensión colector-emisor del primer transistor, ambas positivas en condiciones de funcionamiento normal. (En ecuaciones, $V_{CE2} = V_{BE2} + V_{CE1}$, así $V_{CE2} > V_{BE2}$ siempre.) Por lo tanto, la tensión de saturación de un transistor Darlington es un V_{BE} (alrededor de 0,65 V en silicio) más alto que la tensión de saturación de un solo transistor, que es normalmente 0,1 - 0,2 V en el silicio. Para corrientes de colector iguales, este inconveniente se traduce en un aumento de la potencia disipada por el transistor Darlington comparado con un único transistor.

Otro problema es la reducción de la velocidad de conmutación, ya que el primer transistor no puede inhibir activamente la corriente de base de la segunda, haciendo al dispositivo lento para apagarse. Para paliar esto, el segundo transistor suele tener una resistencia de cientos de ohmios conectada entre su

base y emisor. Esta resistencia permite una vía de descarga de baja impedancia para la carga acumulada en la unión base-emisor, permitiendo un rápido apagado.

Para el diseño del circuito de potencia debemos considerar algunas los parámetros como por ejemplo el consumo de potencia del elemento principal del refrigeración, que es el que más consumo de energía tiene dentro de todo el equipo.

Parámetros a considerar:

Potencia de célula peltier: 50 W

Intercambiadores de aire: 2W

Con estos dos parámetros comenzamos a dimensionar los elementos que van a comandar la celula Peltier y el intercambiador de aire.

Para el manejo del la celula peltier, dado que la corriente es de alrededor de 5 A, y en la salida del microcontrolador tenemos un PWM de 1Khz,

Escogiendo un elemento conmutador de esa frecuencia y con el manejo de esa corriente elegimos el tip 122 (ver hoja técnica en anexos), para que este dispositivo trabaje en corte y saturación, calculamos la resistencia de base ideal para ese efecto:

$$\beta = 100$$

$$I_c = 5A$$

$$I_b = I_c / \beta, \text{ entonces tenemos}$$

$$I_b = 0,05 A$$

Hemos encontrado la corriente que hará que el transistor de potencia se sature; y, el suministro es de 5 voltios, tenemos que:

$$R3 = V/I$$

$$R3 = 100\Omega \text{ aproximando}$$

Entonces la resistencia de base de Q1 será **330 Ω**

Debido a que la corriente máxima del micro es de 15mA, corriente obtenida con una resistencia de **330 Ω**

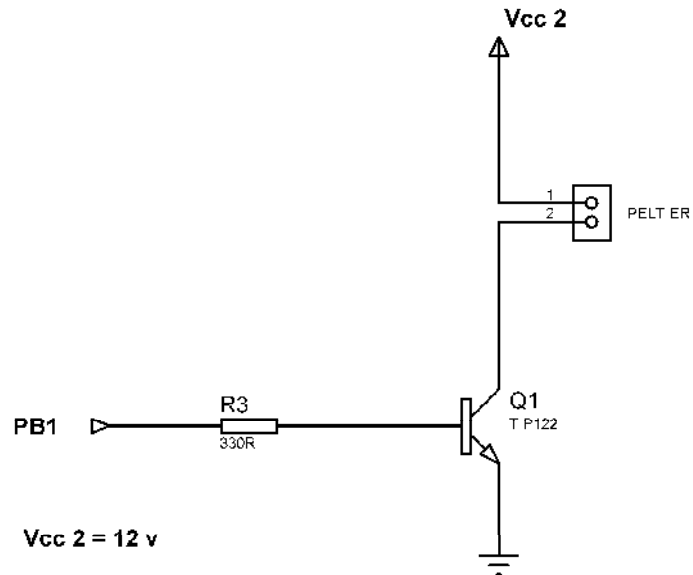


FIGURA 2.9

Para el cálculo de R4, simplemente sabemos la corriente máxima que puede dar el pin del microcontrolador y el voltaje del mismo (15mA), siendo así:

$$R4 = 5V/15mA$$

$$R4 = 333 \Omega$$

Para comandar el intercambiador ubicaremos un 2N3904, y por medio de una resistencia de 330 Ω , con el pin del micro PB5

Circuito de activación de intercambiador de aire interno

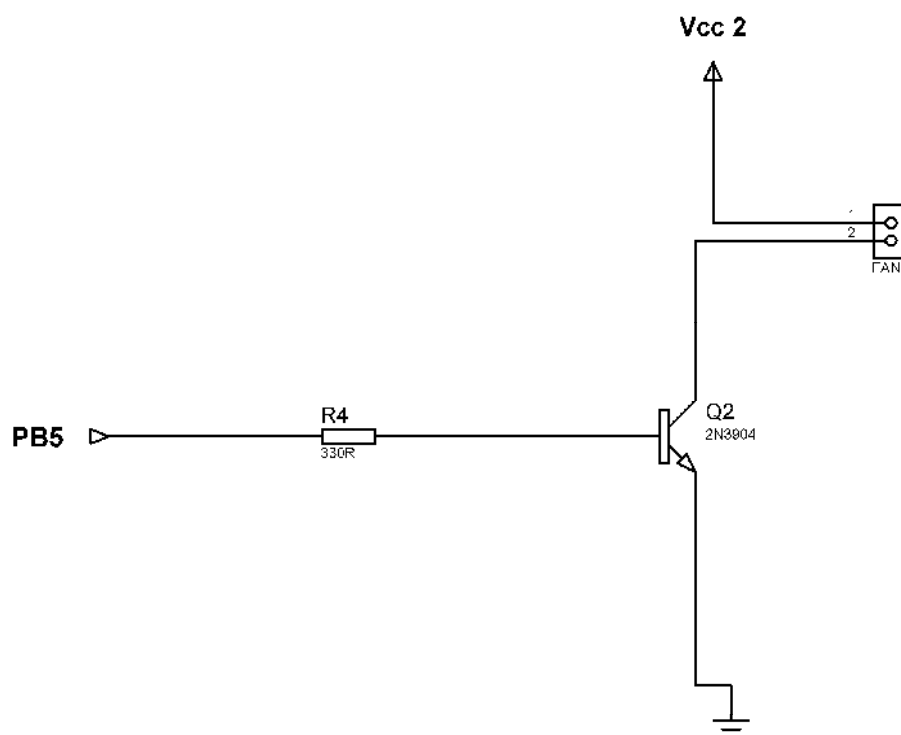


FIGURA 2.10

Con este intercambiador se logrará hacer circular y homogenizar el aire frio dentro de la cámara, así mismo cuando la tapa del contenedor se habrá el intercambiador de aire de detendrá para evitar que el aire frio se escape por acción del ventilador.

CAPITULO III

CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO (TERMO)

El mejor aislante térmico de menor costo es la espuma de poliestireno, por esta razón es el usado para construir el recipiente que contendrá los productos a mantener en baja temperatura, y este mismo contenedor se acopla la célula termoelectrica junto con sus disipadores de frio y calor.

Para la selección del disipador de calor que es el más crítico, se utilizara un procedimiento de selección parecido a los disipadores de calor utilizados para la disipación de potencia en los semiconductores.

Para el soporte exterior de todos los elementos se manufacturara un soporte en madera prensada MDF de 6 mm de espesor, dentro del cual se ubicara el contenedor interno de poliestireno junto con los elementos de control y los de potencia.

3.1 Acople de célula termoelectrica a termo contendor.

Como se vio en el capítulo 1 la efectividad de un aislante está indicada por su resistencia térmica (R). La resistencia de un material es el inverso del coeficiente de conducción (k) multiplicado por el grosor (d) del aislante., y el poliestireno (comúnmente llamado espuma flex), es uno de los material que más alta resistencia térmica tienen, junto con la fibra de vidrio.

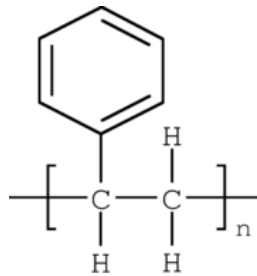


FIGURA 3.1 Estructura química del poliestireno.

El poliestireno (PS) es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno. Existen cuatro tipos principales: el PS cristal, que es transparente, rígido y quebradizo; el poliestireno de alto impacto, resistente y opaco, el poliestireno expandido, muy ligero, y el poliestireno extrusionado, similar al expandido pero más denso e impermeable. Las aplicaciones principales del PS choque y el PS cristal son la fabricación de envases mediante extrusión-termoformado, y de objetos diversos mediante moldeo por inyección. La forma expandida y extruida se emplean principalmente como aislantes térmicos en construcción.

La primera producción industrial de poliestireno cristal fue realizada por BASF, en Alemania, en 1930. El PS expandido y el PS choque fueron inventados en las décadas siguientes. Desde entonces los procesos de producción han sido mejorados sustancialmente y el poliestireno ha dado lugar a una industria sólidamente establecida..



FIGURA 3.2 Fragmento de poliestireno expandido.

El producto de la polimerización del estireno puro se denomina poliestireno cristal o poliestireno de uso general (GPPS, siglas en inglés). Es un sólido transparente, duro y frágil. Es vítreo por debajo de 100 °C. Por encima de esta temperatura es fácilmente procesable y puede dársele múltiples formas.

Para mejorar la resistencia mecánica del material, se puede añadir en la polimerización hasta un 14% de caucho (casi siempre polibutadieno). El producto resultante se llama poliestireno de alto impacto (HIPS, High Impact Polystyrene, siglas en inglés). Es más fuerte, no quebradizo y capaz de

soportar impactos más violentos sin romperse. Su inconveniente principal es su opacidad, si bien algunos fabricantes venden grados especiales de poliestireno choque translúcido.

Otro miembro de esta familia es el poliestireno expandido (EPS, siglas en inglés). Consiste en 95% de poliestireno y 5% de un gas que forma burbujas que reducen la densidad del material. Su aplicación principal es como aislante en construcción y para el embalaje de productos frágiles.

A partir de poliestireno cristal fundido se puede obtener, mediante inyección de gas, una espuma rígida denominada poliestireno extruido (XPS). Sus propiedades son similares a las del EPS, con el cual compite en las aplicaciones de aislamiento. Pero a diferencia del EPS, el poliestireno extruido presenta burbujas cerradas, por lo que puede mojarse sin perder sus propiedades aislantes, motivo por el cual ha posibilitado la aparición de las cubiertas invertidas.

En las últimas décadas se ha desarrollado un nuevo polímero que recibe el nombre de poliestireno sindiotáctico. Se caracteriza por que los grupos fenilo de la cadena polimérica están unidos alternativamente a ambos lados de la misma, mientras que el poliestireno "normal" o poliestireno atáctico no conserva ningún orden con respecto al lado de la cadena donde están unidos los grupos fenilos. El "nuevo" poliestireno es cristalino y se funde a 270 °C, pero es mucho más costoso. Sólo se utiliza en aplicaciones especiales de alto valor añadido.

Estructura del poliestireno cristal

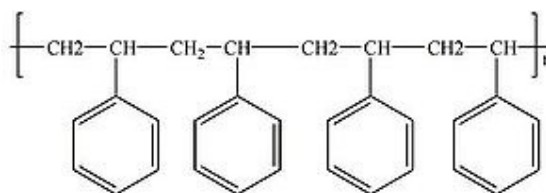


FIGURA 3.3 Las unidades repetitivas de estireno conforman el polímero

El peso molecular promedio del poliestireno comercial varía entre 100.000 y 400.000 g mol⁻¹. Cuanto menor es el peso molecular, mayor es la fluidez y por tanto la facilidad de uso del material, pero menor es su resistencia mecánica. Para conseguir un poliestireno a la vez fluido y resistente se puede acudir a distribuciones bimodales de pesos moleculares, un activo campo de investigación en el poliestireno. Las moléculas de poliestireno formadas en los procesos industriales actuales son muy lineales. En laboratorio es posible generar ramificación añadiendo al reactor sustancias como el divinilbenceno o peróxidos tetrafuncionales pero el poliestireno así obtenido es más caro y apenas presenta ventajas frente a sus equivalentes lineales.

Tacticidad

El poliestireno cristal es completamente atáctico; es decir: los grupos fenilo se distribuyen a uno u otro lado de la cadena central, sin ningún orden particular. Por ello se trata de un polímero completamente amorfo (es decir, no cristalino). Ya que se conoce las características del poliestireno se eligió en este material el recipiente que contendrá el producto a ser transportado en poliestireno, con un grosor de las paredes de una pulgada aproximadamente. Como anteriormente se expuso que el volumen del contenedor será de 5 litros, para lo cual las dimensiones internas del mismo serán: 20 cm (alto) x 17,5 cm x 15 cm, lo cual nos da un volumen aproximado de 5,25 litros, que mostramos en las siguientes ilustraciones.



FIGURA 3.3a

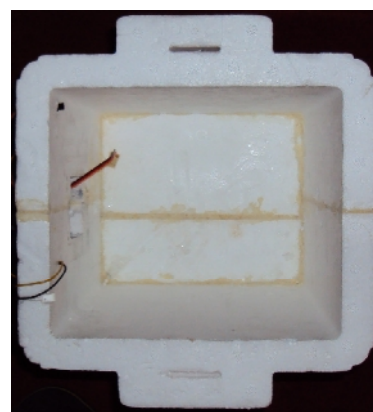


FIGURA 3.3b

3.1.1 Acople de radiadores de frio y calor

Disipador (Radiador)

Un disipador es un elemento físico, sin partes móviles, destinado a eliminar el exceso de calor de cualquier elemento.

Su funcionamiento se basa en la segunda ley de la termodinámica, transfiriendo el calor de la parte caliente que se desea disipar al aire. Este proceso se propicia aumentando la superficie de contacto con el aire permitiendo una eliminación más rápida del calor excedente.

Un disipador extrae el calor del componente que refrigera y lo evacúa al exterior, normalmente al aire. Para ello se necesita una buena conducción de calor a través del mismo, por lo que se suelen fabricar de aluminio por su ligereza, pero también de cobre, mejor conductor del calor, pero más pesado.

En el caso habitual, el disipador está en íntimo contacto con el dispositivo que refrigera, empleando grasa de silicona o láminas termoconductoras para asegurar una baja resistencia térmica entre el componente y el disipador. Para evacuar el calor al ambiente, se aumenta la superficie del disipador mediante aletas o varillas, cuyo diseño varía dependiendo de si existe circulación forzada del aire o sólo convección natural.

El acabado suele ser negro para mejorar la radiación, pero muchas veces se deja el metal expuesto y únicamente se protege de la corrosión. El acabado no debe aumentar la resistencia térmica.

Montaje

La elección del disipador depende del componente y de la potencia que se debe disipar.

Normalmente existen dos métodos para fijar el disipador:

- Mediante tornillos. éste presenta orificios pasantes o roscados, donde se insertan los tornillos.
- Mediante clips elásticos. Este método es más rápido que el anterior y, normalmente, puede sustituir la fijación mediante tornillos.

También es bastante corriente pegar el disipador al chip con algún epoxi termoconductor

Accesorios

Además de los clips o los tornillos provistos de arandelas dentadas, se suelen utilizar otros accesorios:

- Arandelas de nylon, para evitar que los tornillos establezcan contacto eléctrico entre el disipador y algún terminal activo del dispositivo.
- Separadores aislantes, originalmente láminas de mica, actualmente láminas de silicona, que permiten la transmisión del calor entre el disipador y el dispositivo, pero lo mantienen aislado eléctricamente.
- Grasa de silicona, que establece un íntimo contacto entre el disipador y el dispositivo.

Precaución: Debe vigilarse el par que se aplica a los tornillos pues apretando mucho se pueden producir tensiones, tanto en el disipador, curvando su superficie y separándolo del dispositivo, como en el propio dispositivo que, además de separarlo del disipador es causa de la aparición grietas en la superficie del elemento a enfriar conduciendo a fallos

Para la disipación del calor cuanto mayor sea la corriente de aire que roce con el disipador menor tendrá que ser la diferencia de temperaturas para disipar la misma cantidad de calor.

En los dispositivos electrónicos se suelen usar para evitar un aumento de la temperatura en algunos componentes. Por ejemplo, se emplea

sobre transistores en circuitos de potencia para evitar que las altas corrientes puedan llegar a quemarlos.

En los ordenadores su uso es intensivo, como por ejemplo en algunas tarjetas gráficas o en el microprocesador para evacuar el calor procedente de la conmutación de los transistores. Sin embargo, en ocasiones el calor generado en los componentes es demasiado elevado como para poder emplear disipadores de dimensiones razonables, llegando a ser necesarias emplear otras formas de refrigeración como la refrigeración líquida.

Los fabricantes de ordenadores acostumbran incluir un disipador y uno o más ventiladores, aunque no sean estrictamente necesarios, ya que es una forma barata de prevenir los posibles problemas que pueda haber por picos de potencia disipada en el componente o incrementos en la temperatura ambiente del entorno de trabajo.

Para la distribución del frío en el interior del contenedor, así como para disipación de calor en el exterior es necesario acoplar a la célula peltier disipadores o radiadores, los cuales ayudaran eficazmente al intercambio de calor dentro de contenedor hacia la parte exterior, manteniendo así el frío necesario en el interior en donde estarán los productos que deben conservarse a cierta temperatura, para lo cual debemos dimensionar el disipador de calor que en este caso es el más crítico, pues si este no disipa el suficiente calor, no se tendrán la temperatura interna deseada y puede causar el mal funcionamiento del elemento principal (célula peltier) o hasta incluso el daño del elemento por sobre temperatura, a continuación mostramos el cálculo para el dimensionamiento de dicho disipador.

Para el cálculo tenemos la siguiente ecuación:

$$\theta_{SA} = \frac{1}{2 H^2 n (hc + hr)} ^\circ C / W$$

Ec 3.1

$$h_c = 0,00221 \frac{(T_s - T_a)^{1/4}}{H^{1/4}}$$

Ec 3.2

En donde:

H : altura de la placa vertical (pulgadas)

n : factor de efectividad aleta

hc: coeficiente de transferencia de calor por convección

hr: coeficiente de transferencia de calor por radiación

Ts : temperatura final del conjunto

$$h_r = 1,47 \times 10^{-10} \times E \left(\frac{T_s + T_a}{2} + 273 \right)^3$$

Ec 3.3

Ta : temperatura ambiente

E: emisibilidad (tablas)

Para llegar a obtener el disipador indicado partimos asumiendo la altura aproximada H del disipador

H : 4,5 pulgadas

Lo siguiente es calcular h= hc + hr con las ecuaciones ec 3.2 y ec 3.3 siendo:

Ts : 65 °C

Ta : 25 °C

Entonces:

hc : 0,0038

y;

hr : 0,00024

y h = 0,004

Obtenidos estos datos recurrimos a la nomograma 3,2, junto con el dato de espesor del disipador (x) para obtener el valor de n

x = 0,11

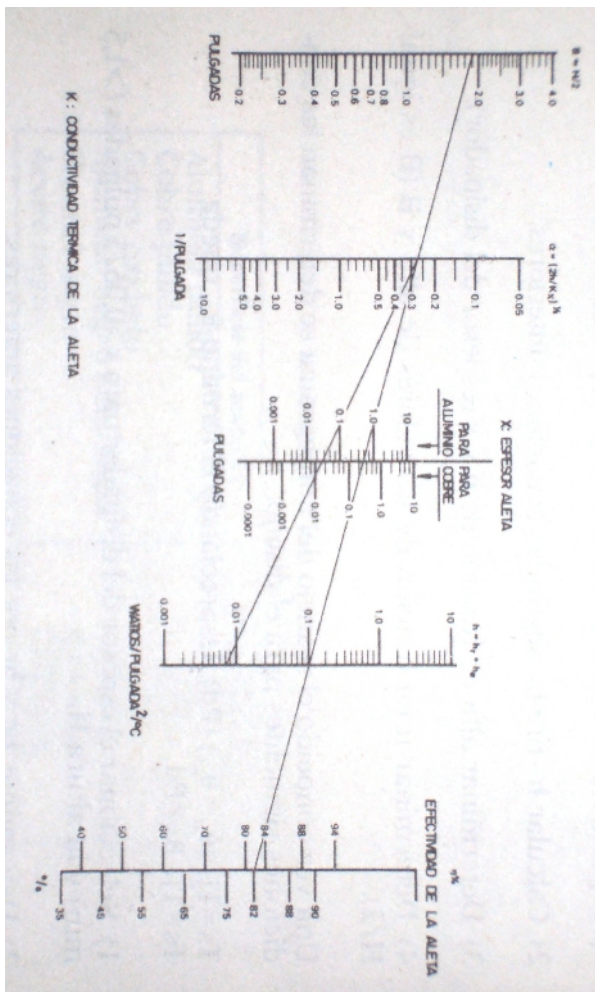
n = 0,95 reemplazando en la ecuación 3.1 los valores obtenidos tenemos

$$\theta_{sa} = 6,49^\circ C / W$$

El valor θ_{SA} es alto, y como el disipador ya no puede ser más grande, se opta por ubicar sobre el disipador un ventilador, que garantizara una disipación eficiente del calor.

Superficie del material	Emisibilidad, E
Aluminio pulido	0,05
Cobre pulido	0,07
Cobre oxidado	0,70
Aluminio negro anodizado	0,7 – 0,9
Enamel negro	0,85 – 0,91
Aceite negro	0,92 – 0,96

Tabla 3.1



Nomograma para encontrar las constantes para cálculo de disipadores

Tabla 3.2

Ilustración del disipador exterior que se encargara de disipar el calor necesario para enfriar el interior del equipo, este tiene 11,5 cm de alto, un espesor de 3 mm y un ancho de 10 cm



FIGURA 3.5



Se muestra en la figura 3.3 el bloque que sirve para intercalar entre la célula peltier y nos permite tener la capacidad de sujetara el disipador de frio y de calor, dando la separación justa del la pared de contenedor figura 3.1b, se usara un aislante teflonado en los pernos de sujeción para evitar el contacto directo entre las partes frías y calientes

FIGURA 3.6

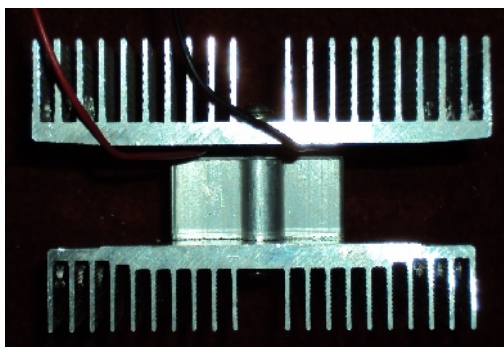


FIGURA 3.7

En la figura 3.4 podemos ver armado el bloque térmico en la parte superior de la figura vemos el disipador de calor, siguiente con la célula peltier, el bloque de acoplamiento y el disipador que va en la parte interna de contenedor.

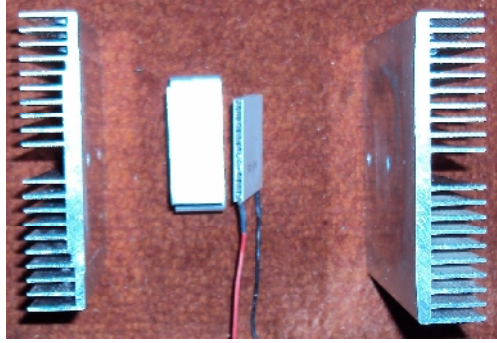


FIGURA 3.8 modulo térmico

Figura que muestra el modulo térmico desmontado que permite ver las parte involucradas

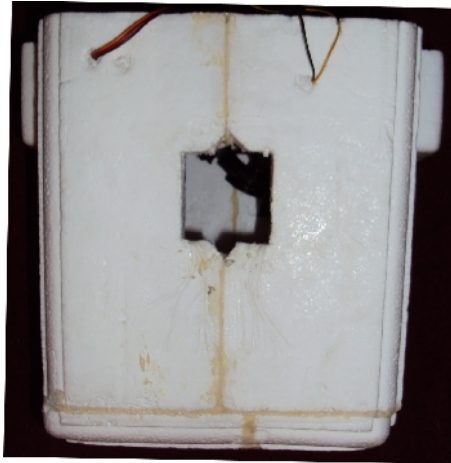


FIGURA 3.9a

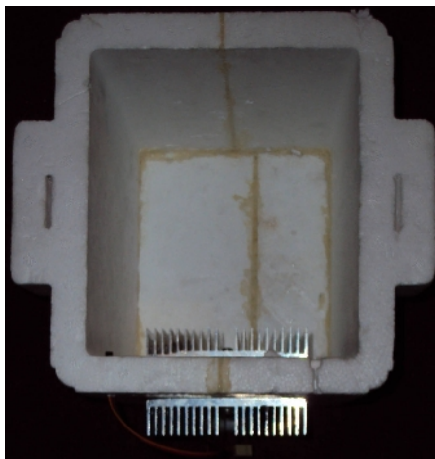


FIGURA 3.9b

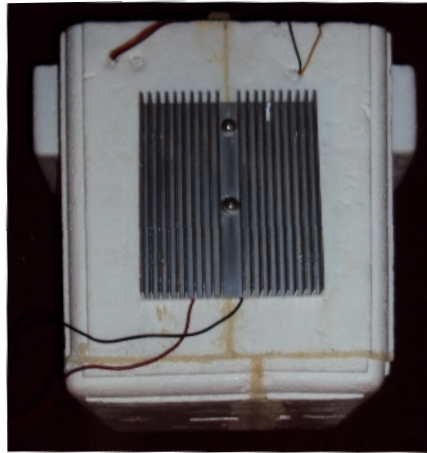
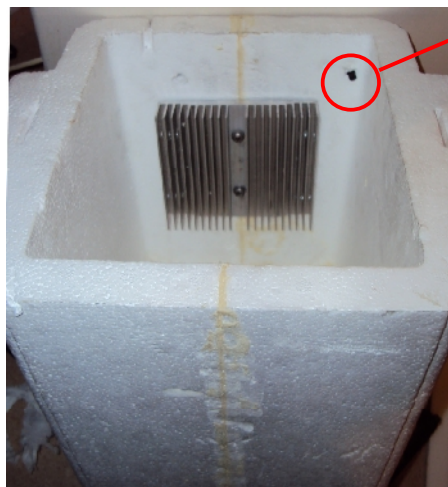


FIGURA 3.9c

En las figuras 3.6 podemos apreciar el montaje del bloque térmico en el contenedor, estando así asegurado los disipadores y la célula termoeléctrica mediante los pernos que aseguran todo el modulo.

3.2 Montaje de sensor de temperatura y display indicador de temperatura

El sensor de temperatura (lm35) debe estar en el punto más crítico del equipo, el cual es cerca de la tapa, pues como es lógico pensar en el caso de que el equipo sea abierto la ganancia de calor va a ingresar por ahí, así que el sensor indicara la temperatura más alta que exista en el interior del contenedor, garantizando así el control necesario para mantener el producto dentro del rango de temperatura deseado.



Sensor de
temperatura

FIGURA 3.10



FIGURA 3.11a

En las figuras 3.8 (a y b) se muestran la tapa del contenedor externo que alberga los todos los elementos del sistema.

Dispone de las entradas y salidas de aire, los soportes para los pulsadores, soporte para el indicador, y los elementos de potencia con su disipador.

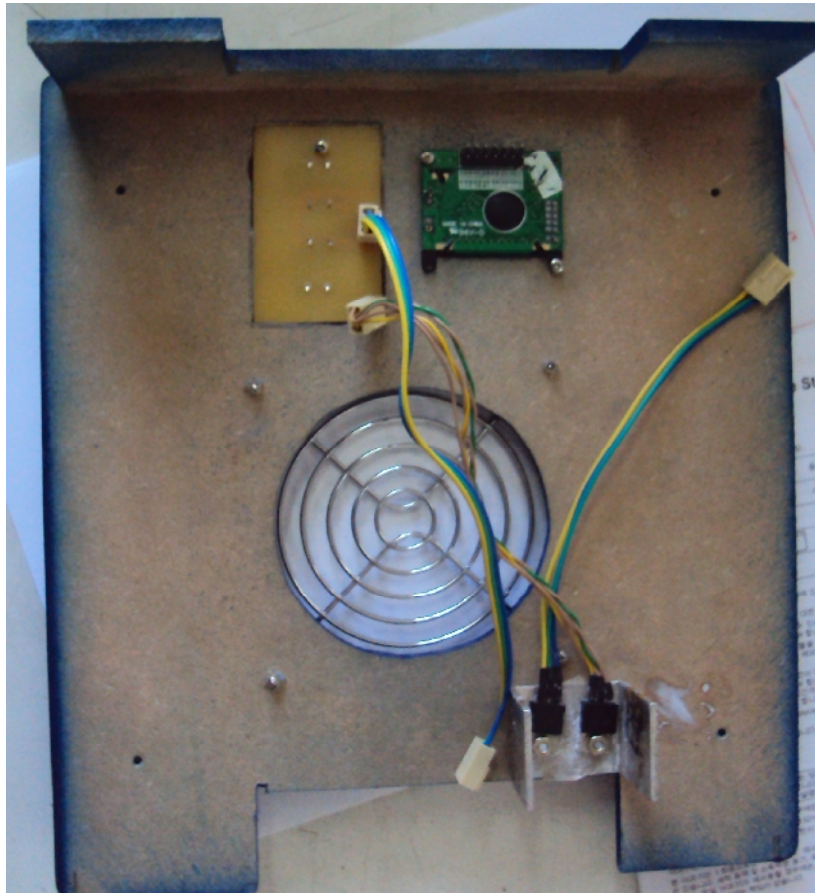


FIGURA 3.11 b

3.3 Montaje de circuito electrónico y fuente de poder

Como se dijo en el capítulo anterior el circuito electrónico está conformado en su mayor parte de entradas, salidas, el control realizado por el microcontrolador, y el display de indicación de temperatura interna, con lo que el circuito electrónico dispone de dos placas, la una específicamente es el ingreso y salida de datos para el control de la temperatura, y la otra placa específicamente contiene el microcontrolador, que hace el control, estas dos placas de 2 pulg x 2 pulg, van montadas en el interior de la tapa que cubre el sistema de intercambio de aire exterior, haciendo que el aire de la ventilación del disipador principal, enfríe el elemento de potencia (TIP 122) que maneja la célula peltier, que es el elemento de mayor consumo de energía del equipo.

En las figuras 3.9, se muestra la disposición de los elementos de control de equipo, se muestra el indicador y los pulsadores de seteo de temperatura, la apertura para el ingreso de aire para el intercambio de temperatura mediante el ventilador y el disipador; también la disposición de las tarjetas en los extremos del soporte para que no obstaculicen la entrada o salida de aire que refrigera el disipador.

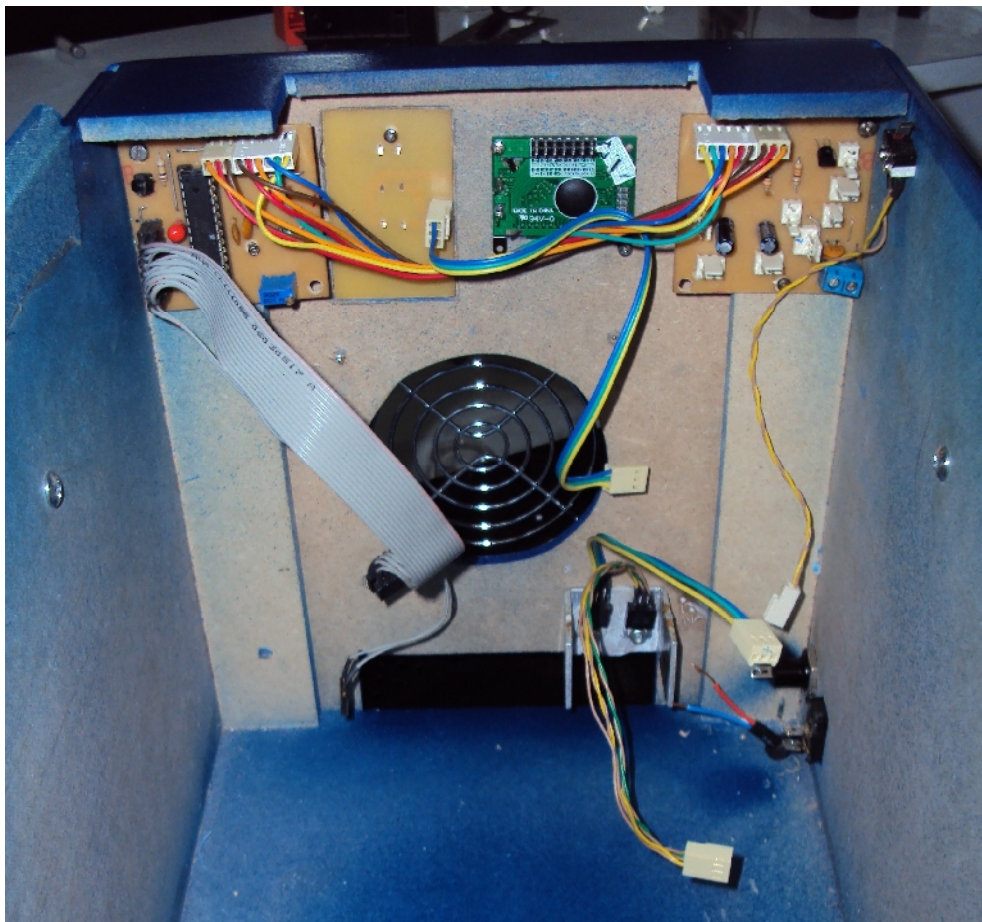


FIGURA 3.12

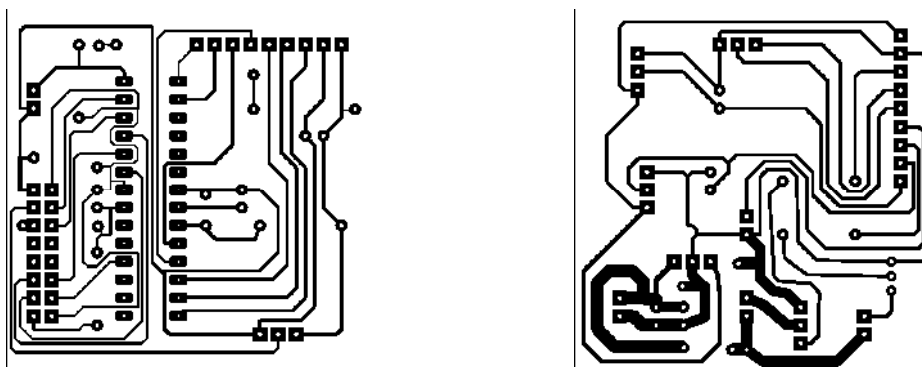


FIGURA 3.12.1 Circuito impreso de las tarjetas

La fuente de poder se optó por dejarla en el exterior, pues la misma es encapsulada y puede ser ubicada en donde el usuario la creyere conveniente, obviamente en el caso que el equipo esté conectado a una fuente de energía alterna, pues si lo conecta a 12Vcc, no necesita de la fuente de poder.



FIGURA 3.12.2 Vista frontal del Equipo (sistemas de ventilación)



FIGURA 3.12.3. Vista general del Equipo

CAPITULO IV

PUESTA EN MARCHA Y ANÁLISIS

4.1 Uso del sistema de refrigeración

Dadas las características del equipo, solo se necesitan pocas consideraciones especiales para poner en marcha el equipo para su utilización.

1. El equipo tiene un conector especial para autos con el cual el mismo se alimenta con 12 voltios de corriente continúa, conectores existentes en la mayoría de vehículos.



FIGURA 4.1

2. El equipo posee un adaptador y/o fuente de voltaje la cual se puede conectar a un suministro de voltaje de corriente alterna, este voltaje va desde los 100 Vac hasta los 240 Vac de entrada, y 12 Vcc de salida la dispone de un conector que se acopla al equipo igual que el de los autos, alimentando así con el voltaje necesario para el funcionamiento del sistema



FIGURA 4.2 rectificador de corriente

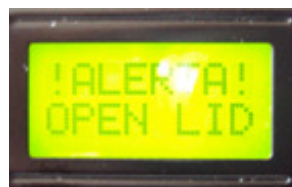
3. Alimentado el equipo con el voltaje necesario, procedemos a encender lo con el interruptor, inmediatamente encendido, en el display aparecerá la



palabra “THERMO PELTIER” la cual permanecerá ahí por 5 segundos, luego, la tapa del contenedor está cerrada, aparecerá “TEMP” en la primera línea y; en la segunda línea la temperatura en el interior de



equipo, de no estar cerrado correctamente el equipo, aparecerá el mensaje



de tapa abierta “OPEN LID”, en este momento se pueden introducir los recipientes de los reactivos que van hacer transportados (estos reactivos

debieron estar refrigerados), en especial los más sensibles a los cambios de temperatura, por ejemplo TGO, TGP, conocidas comúnmente como pruebas cinéticas.

4. Cargado el equipo con los productos necesarios cerramos la tapa y enseguida el intercambiador interno funcionará y homogenizará la temperatura en el interior, así mismo en el display aparecerá la temperatura interna, el equipo por default, viene seteado con la temperatura de 4°C, pues suponemos que los productos a ser transportados estaban en refrigeración y no necesitan menor temperatura, solo bastara con la temperatura que el control automático del equipo tiene seteado para mantener la temperatura dentro del rango deseado, de lo contrario ajustaremos al equipo con la menor temperatura posible 2°C, para que el tiempo de enfriamiento sea menor y se llegue a obtener la temperatura que el fabricante recomienda para el mantenimiento de la cadena de frío.

4.2 Protocolo de pruebas

1. Funcionamiento general

Encendido del sistema, iluminación del display, verificación de funcionamiento de ventilación, encendido de célula peltier

2. Funcionamiento de indicador y medición de temperatura

Verificación de medición de temperatura con termómetro calibrado Fluke 179 , a dos mediciones, temperatura ambiente y temperatura del contenedor después de 1 hora de funcionamiento, para estabilización de temperatura, en el medio y en los sensores, ya que son de diferente tipo.

3. Funcionamiento de seteo de temperatura

Verificación de pulsadores, pulsador uno ☐ selección de sistema de seteo; y pulsador dos, ☐ selección de temperatura (2 a 8 °C)

4. Funcionamiento de apertura de tapa

Verificación de funcionamiento de ventilador interno en función de sensor de tapa

5. Funcionamiento protección de sobre temperatura y mensajes de alerta y error

Acciones forzadas para verificar mensajes de alerta, como tapa abierta y exceso de temperatura en el disipador de calor.

6. A continuación se realiza una prueba para verificación de conservación de temperatura.

Para esta prueba se dispone de dos botellas de agua, cada una con un volumen conocido de agua, a una temperatura inicial conocida, también se registra la temperatura al exterior del equipo y dentro de la cámara.

La prueba consiste en ubicar una de las botellas de agua en el equipo e ir registrando la temperatura del agua, paralelamente la otra en un contenedor de iguales características sin el módulo peltier, así mismo ir registrando la temperatura de la segunda botella.

Condiciones iniciales:

Volumen de agua en cada botella: 500 mL

Temperatura inicial del agua en las botellas: 7°C

Temperatura ambiente: 26°C

Temperatura inicial de la cámara del equipo a probar: 26°C

Datos obtenidos:

TIEMPO (min)	TEMP (°C) SOLUCION 1	TEMP (°C) SOLUCION 2	TEMP (°C) CAMARA
0	7,0	7,0	26,0

6	6,8	7,5	15,8
10	6,6	7,5	12,0
23	6,7	10,5	5,2
31	6,7	12	5,2
40	6,5	12,5	5,2
47	6,6	13,2	5,2
55	6,7	13,8	5,2
60	6,5	14,3	5,2
62	6,2	14,4	5,2
70	6,5	15,3	5,2
77	6,5	16,5	5,2

Se muestra en la figura 4.2.1 las curvas obtenidas después de la prueba, se nota la ganancia calor de casi 10°C que tiene la botella que no se encuentra en el sistema de conservación de frio, mientras que la que se encuentra dentro del equipo construido, no solo mantiene la temperatura, sino que también hay un decremento de la misma de $0,5$ grados, también se puede ver el decremento rápido de la temperatura de la cámara del contenedor, en alrededor de 20°C .

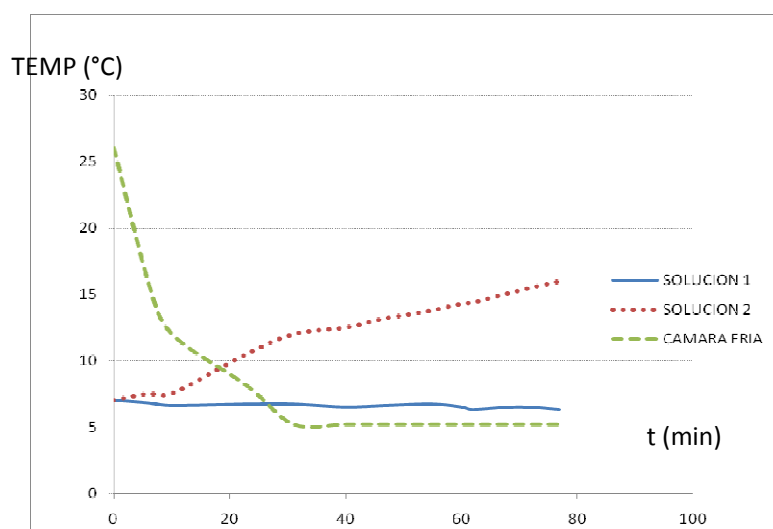


FIGURA 4.2.1

4.3 Resultados

CONCLUSIONES

- Con los datos obtenidos en el ensayo de prueba, se da que la eficiencia del equipo no rebaza el 15% cuando se trata de enfriamiento.
- De los resultados de las pruebas de se tiene algunas consideraciones, el equipo no puede llegar en el lapso de una hora a la temperatura seteada, pero si puede mantener el contenido de la cámara dentro de los límites, por eso importante considerar que el equipo solo mantiene la temperatura, mas no resulta como enfriador, se necesitaría mucha más potencia para lograr este objetivo.
- El equipo puede mantener la temperatura 20°C por debajo de la temperatura ambiente.
- Debido a la característica propia de la fabricación de célula peltier, que está hecha a base de semiconductores esta tiene una característica se lo podría llamar defecto, o desventaja dependiendo de la utilización, esta es que la célula peltier debe estar siempre conectada a una fuente de voltaje que suministre por lo menos el 50 % de la potencia nominal de la célula para que esta pueda mantener al mínimo la diferencia de temperatura entre sus caras o lados, siendo lo contrario si este porcentaje de energía baja, el lado caliente de la célula, transfiera calor al lado frío, haciendo que el contenedor que debe estar en una temperatura baja, gane calor, de ahí, que la banda de control de la célula peltier se reduce por garantizar el mantenimiento de la temperatura fría solo a un 40 % del total del consumo de la célula (potencia)

- En la entrega del producto ya sea que este fuere el destino final o un sub distribuidor, tanto el que recibe el producto como el que entrega tienen la garantía de que el producto se encuentra a la temperatura que el equipo muestra, sin necesidad de recurrir a otros medidores, pudiendo registrar así la temperatura en forma rápida.
- Como la tecnología peltier es nueva con motivo de análisis en nuestro medio, la mayor parte de datos se los obtuvo experimental mente, aplicando simplemente el criterio de termodinámica, dando así como resultado, una eficiencia del equipo de un 10% cuando se trata de enfriar un volumen definido en un tiempo medido.
- Se sustituyo por los displays de 7 segmentos, un lcd de 8x2 para bajar el consumo de energía.
- En la adquisición de datos, el sensor presento problemas. Esto se debió principalmente a la presencia de ruido. Para poder suprimir ese error en la adquisición, el capacitor de 10uf en paralelo a la entrada de la señal de micro controlador resulto ser la solución adecuada.
- Para realizar el control del prototipo se utilizó un microcontrolador de la familia ATMEL, el cual fue seleccionado por la facilidad y versatilidad que ofrece para programación y los periféricos que posee. De las pruebas se puede decir que este microcontrolador resulto acertado para este proyecto.
- Dado que el equipo cumple las expectativas de mantener el frio, mas no ser un enfriador, pues dado los parámetros de eficiencia se demoraría mucho tiempo en enfriar una masa determinada si se encuentra a temperatura ambiente.

- El material usado para la construcción de la parte exterior del modulo, fue MDF de 6 mm modulo térmico, el cual sirvió como soporte para los elementos de control, potencia y visualización del equipo.
- El material usado para el contenedor del producto es de espuma de poliestireno, debido a su gran resistencia térmica, adicionalmente el soporte de todo, es decir el contenedor, los elementos electrónicos, el modulo térmico, se la construyo en madera, específicamente MDF de 6 mm, para conseguir un peso manejable y una rigidez razonable, para evitar deformaciones o roturas en el contenedor interno (espuma de poliestireno).
- Al momento de que un contenedor de reactivo no esté dentro de los parámetros de temperatura que el fabricante del mismo recomienda, las propiedades de este producto se pierde, con lo que el cliente que usa este reactivo incurre en perdidas, a continuación se muestra un cálculo de la perdida ocasionada por la degradación del reactivo.

La presentación de venta al público más pequeña del reactivo de TGO² es de 125 ml. Con un costo de 20 usd

Cada prueba de TGO utiliza 50 uL de reactivo, entonces el contenedor de 125ml alcanzara para alrededor de 2500 pruebas, pero por cuestiones de operador y de equipo asumimos que solo el 80% de estas pruebas son validas, en el mercado local cada una de estas pruebas tiene un costo aproximado de 1,5 - 2 usd,

Si se tiene el 80% de 2500 = 2000 pruebas.

La degradación de este contenedor incurriría en una pérdida de 4000usd para el laboratorio encargado, siendo que el costo de reactivo es de 30usd el contenedor de 125mL, es un tanto depreciable en comparación a la perdida por el reactivo degradado.

² valor cortesía de DISTRIBUIDORA DE REACTIVOS BUISAR Cia Ltda, reactivos Diasys

RECOMENDACIONES

- El equipo como se lo especifico antes de la construcción del mismo, NO es un enfriador, es un mantenedor del los elementos fríos, ya que, los elementos a transportarse en el mismo deben estar en la temperatura adecuada de refrigeración, sino no se estaría cumpliendo con las normas de cadena de frio, lo cual aumenta el error pre analítico de las pruebas que se van a realizar con esos reactivos, incluso la degeneración del reactivo, dañándolo completamente recurriendo en pérdidas económicas.
- Como se expuso anteriormente la banda de control es solo un 40% de la potencia total, es decir que si la corriente de la célula a plena carga es de 4,5 A la mínima corriente que debe suministrarse para que la célula mantenga el mínimo ΔT entre sus caras debe 2,5 A, con esto deberá hacerse las correcciones necesarias para obtener la temperatura deseada con el control proporcional.
- En el caso de desmontar el equipo por cualquier motivo, tener mucha precaución con la célula peltier, pues tiene un recubrimiento de porcelana muy fino y sensible a cualquier golpe, o exceso de ajuste a los disipadores.
- No obstruir las salidas y las entradas de aire de la ventilación del disipador de calor, pues esto causaría un mal funcionamiento del equipo y hasta el daño del la célula peltier por exceso de temperatura, debido a que no hay intercambio de calor.

BIBLIOGRAFÍA

TEXTOS

- MALVINO, Electronic Principles, McGraw Hill, 1993
- RESNICK – HALLIDAY - KRANE. Física Vol. 1. 2005, Quinta edición. CECSA
- NISE , N., Sistemas de Control para Ingenieria, Editorial CEC- ... Edición, 1998.
- Manual Tutorial BASCOM - AVR 8.1 MCS ELECTRONICS
- AVR ATMEGA 48 Datasheet 8-bit Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash Atmel Corporation 2004
- Norma técnica ecuatoriana NTE ISO/IEC 17025
- National Semiconductor Corporation “Voltage Regulator Handbook” 1982
- RASHID, M, Electrónica de Potencia , México. 3a Edición. Prentice Hall, 2004.

DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

- <http://www.electracool.com/ST-127-14-6.htm>
- <http://www.unicrom.com/circuitos.asp>
- <http://www.mcselec.com/>

- http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2545.pdf
- <http://www.national.com/mpf/LM/LM35.html>
- http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/T/I/P/1/TIP121.shtml
- <http://www.fairchildsemi.com/ds/TI%2FTIP122.pdf>
- www.fairchildsemi.com/pf/LM/LM7805.html
- <http://www.perinat.org.ar/biosegu.html> (normas bioseguridad)
- <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/166ssa17.html>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Thermoelectric_effect
- <http://www.sc.ehu.es/nmwgoari/PELTIER.htm>
- http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/2/N/3/9/2N3904.shtml
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/termo/Termo.html>